

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد ژئوفیزیک - گرایش ژئوالکتریک

مدل سازی و تفسیر سونداژهای مقاومت ویژه الکتریکی و تعیین
ارتباط نتایج تفسیر با پارامترهای کیفی در منطقه خرمالو استان
گلستان

محقق:

ابوالفضل شاهزیدی

استاد راهنما:

دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی

تیرماه ۱۳۸۹

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه : اکتشاف معدن

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای ابوالفضل شاهزیدی

تحت عنوان: مدل سازی و تفسیر سونداژهای مقاومت ویژه الکتریکی و تعیین ارتباط نتایج تفسیر با پارامترهای هیدرولوژیکی (کیفی) در منطقه خرمالو استان گلستان

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :

تقدیر و تشکر

حال که با لطف خداوند متعال، این پایان نامه به اتمام رسیده است، بر خود لازم می دانم که از زحمات فراوان استاد عزیز و ارجمندم جناب آقای دکتر کامکار روحانی که همواره اینجانب را از رهنمودهای ارزشمند خویش بهره مند می ساختند، تقدیر و تشکر نمایم.

همچنین از تلاش های بی دریغ آقای دکتر کرمی و آقای دکتر عرب امیری که به عنوان اساتید داور در به اتمام رسیدن این پایان نامه نقش به سزایی داشته اند، صمیمانه قدردانی می نمایم.

به علاوه از زحمات آقایان دکتر ایرج پیروز، دکتر علی مراد زاده و دکتر فرامرز دولتی به عنوان اساتید ارجمند اینجانب در طول دوره کارشناسی ارشد، کمال تشکر را دارم.

در انتها لازم می دانم از آقایان شاه حسینی، رجبی و سایر پرسنل محترم دانشکده و نیز از کارشناسان محترم شرکت مهندسین مشاور صحراکاو به خصوص آقایان مهندس موسوی و مهندس آقایی، تقدیر و تشکر نمایم همچنین از جناب مهندس پارسا مهر در اداره آب و فاضلاب روستایی استان گلستان و مسئولین محترم آب منطقه ای استان گلستان به خصوص آقایان مهندس دهقان و مهندس کابلی کمال تشکر و قدر دانی را دارم .

دانشجو تأیید می نماید که مطالب مندرج در این پایان نامه (رساله) نتیجه تحقیقات خودش می باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات ، آزمایشات و نو آوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد .

چکیده

برداشت های ژئوالکتریک یا مقاومت ویژه در منطقه خرمالو، واقع در استان گلستان، به منظور تعیین گسترش جانبی و عمقی سازندهای آبدار اجرا شده است. پارامترهای کیفی آب مانند TDS و EC نیز از چاه های آب موجود در منطقه مذکور تعیین شده اند. هدف از این بررسی های مقاومت ویژه در این پایان نامه، تشخیص آبخوان های زیرزمینی منطقه و نیز به دست آوردن رابطه ای (خطی) بین پارامترهای ژئوالکتریک و هیدروژئولوژیکی در منطقه مزبور می باشد. به این منظور، برداشت های سونداژ مقاومت ویژه الکتریک (کلاً تعداد ۶۲ سونداژ) با استفاده از آرایش شلومبرژه و حداکثر فاصله بین الکترودهای جریان برابر با ۱۰۰۰ متر در طول چندین خط برداشت و در مکان های مختلف منطقه انجام شده است. در این پایان نامه، مدل سازی و تفسیر یک بعدی و دوبعدی داده های سونداژ مقاومت ویژه الکتریک انجام شده است. تعبیر و تفسیر یک بعدی با استفاده از نمودارهای استاندارد (منحنی های سر یا منحنی های آباک) و نرم افزارهایی مثل VES و IpI2win صورت گرفته است. محاسبات مقادیر مقاومت ویژه الکتریک نشان می دهد که مقاومت ویژه الکتریک لایه های زیر سطحی در مرکز منطقه مطالعاتی بالاتر است. پارامترهای کیفی به دست آمده از چاه های آب موجود در منطقه مطالعاتی مانند TDS و EC به ترتیب در حدود ۸۰۰ میلی گرم بر لیتر و ۱۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر هستند، بر اساس این نتایج مقاومت ویژه لایه آبدار در منطقه مطالعاتی ۳۰-۴۰ اهم متر تخمین زده شده است. مدل سازی و تفسیر دوبعدی داده های سونداژ مقاومت ویژه الکتریک نیز با استفاده از بسته های نرم افزاری مختلفی مانند IpI2win و Res2dinv انجام شده است. نتایج تفسیر دوبعدی نیز مقادیر بالاتر مقاومت ویژه الکتریک لایه ها و سایر اهداف زیرزمینی در مرکز منطقه مطالعاتی را تأیید می کند. بررسی و مرور مقالات و مراجع متعدد حاکی از وجود یک رابطه خطی بین نتایج تفسیر یک بعدی داده های سونداژ مقاومت ویژه الکتریک و پارامترهای کیفی آب می باشد. برای به دست آوردن این رابطه خطی بین نتایج تفسیر یک بعدی داده های سونداژ مقاومت ویژه الکتریک و

پارامترهای کیفی به دست آمده از چاه های آب موجود در منطقه مطالعاتی، از مقادیر مقاومت ویژه آب موجود در لایه های آبدار (R_w) مجاور با چاه های آب و پارامترهای کیفی به دست آمده از این چاه-ها (مانند TDS و EC) استفاده می شود. برای به دست آوردن مقادیر R_w ، ابتدا باید فاکتور سازندی (F) لایه های آبدار مجاور با چاه های آب با استفاده از مقادیر تخلخل این لایه ها محاسبه شود. به این منظور، از قانون آرچی که رابطه ای ساده بین تخلخل (ϕ) و فاکتور سازندی (F) است، استفاده می شود. باید توجه کرد که تفسیر یک بعدی داده های سونداژ مقاومت ویژه الکتریکی، مقادیر مقاومت ویژه لایه-های آبدار مجاور با چاه های آب (R_o) را ارائه می دهد. وقتی مقادیر فاکتور سازندی با استفاده از قانون آرچی محاسبه شد، مقادیر مقاومت ویژه آب موجود در لایه های آبدار (R_w) با استفاده از فرمولی که رابطه ای ساده بین R_o و R_w می باشد، به دست می آید. باید توجه نمود که R_o مقاومت ویژه کل سازند تمیز است اما در منطقه مورد مطالعه سازندهای حاوی رس وجود دارد که بر روی مقدار بدست آمده برای R_w تاثیر می گذارد. در نهایت، بین نتایج تفسیر یک بعدی (به عبارت دیگر مقادیر R_w و پارامترهای کیفی به دست آمده از چاه های آب مانند TDS و EC) با استفاده از روش رگرسیون، رابطه ای خطی به دست می آید.

در این پایان نامه به تفسیر داده های مقاومت ویژه در منطقه پرداخته شده و محل لایه های آبدار، عمق و ضخامت آنها تخمین زده شده است و در نهایت با توجه به اطلاعات چاه های مجاور سونداژها، با استفاده از روش آماری رابطه ای بین R_w و پارامترهای کیفی آب مانند TDS و EC بدست آمده است.

کلمات کلیدی: منطقه خرمالو- مقاومت ویژه الکتریکی- تفسیر یک بعدی - مقطع ژئوالکتریکی- فاکتور سازندی- تخلخل- قانون آرچی- رگرسیون.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول : کلیات
۲	۱-۱- مقدمه
۲	۲-۱- روش‌های مقاومت ویژه الکتریکی مستقیم
۳	۱-۲-۱- اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی زمین
۴	۲-۲-۱- سونداژزنی مقاومت ویژه
۶	۱-۳-۲-۱- ارائه داده‌های سونداژزنی مقاومت ویژه
۷	۱-۴-۲-۱- پارامترهای ژئوالکتریکی
۷	۱-۵-۲-۱- مقاومت ویژه ظاهری
۸	۱-۶-۲-۱- مدل‌سازی
۹	۱-۷-۲-۱- یکتایی
۹	۱-۳- هدف و ضرورت مطالعه حاضر
۹	۱-۴- مروری بر مطالعات انجام شده
۱۱	۱-۵- ساختار پایان نامه
۱۳	فصل دوم : مفاهیم هیدرولوژی و چگونگی ارتباط بین آنها به مقاومت ویژه الکتریکی
۱۴	۱-۲- اصطلاحات هیدرولوژی
۱۴	۱-۱-۲- آب‌های زیرزمینی
۱۴	۱-۲-۱- اهمیت و مزایای آب‌های زیرزمینی
۱۴	۱-۳-۱-۲- تقسیم‌بندی تشکیلات زمین‌شناسی از نظر آب‌شناسی (بر اساس نفوذپذیری)
۱۵	۱-۴-۱-۲- تخلخل کل یا مطلق
۱۵	۱-۵-۱-۲- هدایت هیدرولیکی
۱۶	۱-۶-۱-۲- ضریب مقاومت سازند تمیز و ارتباط آن با تخلخل

۱۷	۷-۱-۲- هدایت الکتریکی آب.....
۱۸	۸-۱-۲- تعیین مقدار کل مواد جامد حل شده.....
۱۹	۳-۲- منشأ شوری در آب‌های زیرزمینی.....
۲۰	۴-۲- روش‌های الکتریکی به منظور مطالعه آب‌های زیرزمینی.....
۲۳	فصل سوم : عملیات صحرائی.....
۲۴	۱-۳- مقدمه.....
۲۵	۲-۳- موقعیت جغرافیایی.....
۲۶	۳-۳- زمین‌شناسی.....
۲۷	۱-۱-۳- سازند میلا.....
۲۷	۲-۳-۳- سازند خوش ییلاق.....
۲۷	۳-۳-۳- سازند مبارک.....
۲۷	۴-۳-۳- سازند درود.....
۲۷	۴-۳- زون کپه داغ.....
۲۸	۵-۳- نهشته‌های آبرفتی.....
۳۲	۶-۳- عملیات صحرائی.....
۳۶	فصل چهارم : مدل سازی و تفسیر یک‌بعدی داده‌های مقاومت ویژه برداشت شده.....
۳۷	۱-۴- مقدمه.....
۳۸	۲-۴- تفسیر کیفی سونداژهای الکتریکی.....
۳۸	۳-۴- تفسیر کمی سونداژهای الکتریکی.....
۴۰	۴-۴- تفسیر سونداژهای الکتریکی برداشت شده در منطقه مخروط افکنه خرمالو.....
۴۱	۵-۴- سونداژ الکتریکی A-1.....
۴۴	۶-۴- نتیجه‌گیری.....
	فصل پنجم : مدل سازی و تفسیر دوبعدی و ارائه تصویر مقاومت ویژه سه‌بعدی داده‌های
۴۵	سونداژ الکتریکی.....

- ۴۶-۱-۵-۱- مقدمه.....
- ۴۶-۲-۵-۲- نقشه‌های هم مقاومت ویژه ظاهری.....
- ۴۶-۳-۵-۳- نتایج حاصل از تفسیر دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی با استفاده از نرم افزار IpI2win.....
- ۵۹-۱-۳-۵-۱- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل A.....
- ۶۰-۲-۳-۵-۲- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل B.....
- ۶۱-۳-۳-۵-۳- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل C.....
- ۶۲-۴-۳-۵-۴- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل D.....
- ۶۳-۵-۳-۵-۵- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل E.....
- ۶۳-۶-۳-۵-۶- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل F.....
- ۶۴-۷-۳-۵-۷- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل G.....
- ۴-۵-۴- نتیجه‌گیری از مقاطع مدل سازی و تفسیر دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی
با استفاده از نرم افزار IpI2win.....
- ۶۵-۵-۵-۵-۵- نتایج حاصل از مدل سازی و تفسیر دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی با استفاده
از نرم افزار Res2dinv.....
- ۶۷-۱-۵-۵-۱- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل A.....
- ۶۸-۲-۵-۵-۲- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل B.....
- ۶۹-۳-۵-۵-۳- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل C.....
- ۷۰-۴-۵-۵-۴- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل D.....
- ۷۱-۵-۵-۵-۵- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل E.....
- ۷۲-۶-۵-۵-۶- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل F.....
- ۷۳-۷-۵-۵-۷- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل G.....
- ۶-۵-۶- نتیجه‌گیری از مقاطع مدل سازی و تفسیر دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی
با استفاده از نرم افزار Res2dinv.....
- ۷۴.....

۷۵-۷- تفسیر کیفی سه‌بعدی داده‌های صحرایی.....

فصل ششم : تعیین ارتباط بین نتایج تفسیر داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی و

پارامترهای کیفی به دست آمده از چاه‌های ۷۶

۱-۶- مقدمه..... ۷۸

۲-۶- روش آماری رگرسیون..... ۷۹

۱-۲-۶- رگرسیون با یک متغیر مستقل..... ۷۹

۲-۲-۶- رگرسیون با چند متغیر مستقل..... ۸۰

۳-۶- تعیین ارتباط بین نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژ الکتریکی و پارامترهای کیفی

به دست آمده از چاه‌های آب موجود در منطقه مطالعاتی..... ۸۱

۴-۶- نتیجه‌گیری..... ۸۸

فصل هفتم : نتیجه‌گیری و پیشنهادها..... ۸۹

۱-۷- نتیجه‌گیری..... ۹۰

۲-۷- پیشنهادها..... ۹۰

فهرست منابع..... ۹۲

پیوست ها..... ۹۵

پیوست شماره ۱- مقادیر مقاومت ویژه به دست آمده از سونداژهای الکتریکی اجرا شده در منطقه

مخروط افکنه خرمالو (برحسب اهم متر) ۹۶

پیوست شماره ۲ - پیوست شماره ۲- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ های A-1 تا G-10

به کمک روش‌های مختلف..... ۱۰۹

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- چگونگی اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی زمین در روش ژئوالکتریک.....	۳
شکل ۲-۱- خطوط جریان و سطوح هم پتانسیل الکتریکی برای آرایش الکترودی متقارن شلومبرژه.....	۵
شکل ۱-۳- شبکه برداشت سونداژهای الکتریکی به همراه نام و نقاط اجرای این سونداژها	
در مختصات UTM.....	۲۶
شکل ۲-۳- نقشه زمین‌شناسی منطقه خرمالو به همراه نقاط اجرای سونداژهای الکتریکی قائم بر روی آن.....	۲۹
شکل ۳-۳- نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه به همراه موقعیت چاه‌های آب بر روی آن.....	۳۱
شکل ۴-۱- مدل منطبق شده بر داده های سونداژ A-1 با استفاده از نرم افزار VES.....	۴۲
شکل ۴-۲- مدل ارائه شده بر داده های سونداژ A-1 با استفاده از نرم افزار Ipi2win.....	۴۲
شکل ۱-۵- نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $AB/2=40\text{ m}$	۴۸
شکل ۲-۵- نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $AB/2=50\text{ m}$ و $MN=5\text{ m}$	۴۹
شکل ۳-۵- نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $AB/2=50\text{ m}$ و $MN=20\text{ m}$	۵۰
شکل ۴-۵- نقشه‌های هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $AB/2=70\text{ m}$ با دو مقدار متفاوت	
$MN=5\text{ m}$ و $MN=20\text{ m}$	۵۱
شکل ۵-۵- نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $AB/2=100\text{ m}$	۵۲
شکل ۶-۵- نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $AB/2=150\text{ m}$	۵۳
شکل ۷-۵- نقشه‌های هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $AB/2=200\text{ m}$ با دو مقدار متفاوت	
$MN=20\text{ m}$ و $MN=80\text{ m}$	۵۴
شکل ۸-۵- نقشه‌های هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $AB/2=300\text{ m}$ با دو مقدار متفاوت	
$MN=20\text{ m}$ و $MN=80\text{ m}$	۵۵
شکل ۹-۵- نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $AB/2=400\text{ m}$	۵۶

- شکل ۵-۱۰- نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $AB/2 = 500 \text{ m}$ ۵۷
- شکل ۵-۱۱- شبه مقطع و مقطع مقاومت ویژه در طول پروفیل A ۵۹
- شکل ۵-۱۲- شبه مقطع و مقطع مقاومت ویژه در طول پروفیل B ۶۰
- شکل ۵-۱۳- شبه مقطع و مقطع مقاومت ویژه در طول پروفیل C ۶۱
- شکل ۵-۱۴- شبه مقطع و مقطع مقاومت ویژه در طول پروفیل D ۶۲
- شکل ۵-۱۵- شبه مقطع و مقطع مقاومت ویژه در طول پروفیل E ۶۳
- شکل ۵-۱۶- شبه مقطع و مقطع مقاومت ویژه در طول پروفیل F ۶۴
- شکل ۵-۱۷- شبه مقطع و مقطع مقاومت ویژه در طول پروفیل G ۶۵
- شکل ۵-۱۸- شبه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از
مدل سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل A ۶۸
- شکل ۵-۱۹- شبه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از
مدل سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل B ۶۹
- شکل ۵-۲۰- شبه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از
مدل سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل C ۷۰
- شکل ۵-۲۱- شبه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از
مدل سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل D ۷۱
- شکل ۵-۲۲- شبه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از
مدل سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل E ۷۲
- شکل ۵-۲۳- شبه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از
مدل سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل F ۷۳
- شکل ۵-۲۴- شبه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از
مدل سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل G ۷۴
- شکل ۵-۲۵- مقطع سه‌بعدی تهیه شده از منطقه مطالعاتی با استفاده از ترکیب نتایج

شبه مقاطع دوبعدی با نرم افزار IpI2win به دست آمده از تمام خطوط برداشت..... ۷۶

شکل ۶-۱- موقعیت سونداژهای الکتریکی برداشت شده در منطقه خرمالو، موقعیت چاههای آب

موجود در منطقه و نیز موقعیت سونداژهای مجاور این چاهها..... ۸۲

شکل ۶-۲- نمودار رگرسیون خطی بین مقادیر R_w و TDS..... ۸۶

شکل ۶-۳- نمودار رگرسیون خطی بین مقادیر R_w و EC..... ۸۷

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲- مقادیر عددی تخلخل و هدایت هیدرولیکی برای انواع مختلف خاک‌ها و سنگ‌ها.....	۱۶
جدول ۲-۲- مقادیر عددی مقاومت ویژه، هدایت ویژه و شوری برای انواع مختلف آب‌ها.....	۱۹
جدول ۳-۲- تقسیم‌بندی کلی مواد زمین با توجه به گستره تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی آن‌ها.....	۲۱
جدول ۴-۲- گستره تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی بعضی از رسوبات و سنگ‌های رسوبی.....	۲۱
جدول ۱-۳- مختصات نقاط برداشت سونداژهای الکتریکی قائم (UTM).....	۳۰
جدول ۱-۴- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ A-1 به کمک روش‌های مختلف.....	۴۱
جدول ۲-۴- جدول ۲-۴- نام سونداژ و مشخصات لایه آبدار تفسیر شده در زیر محل سونداژ مورد نظر.....	۴۳
جدول ۱-۶- نام و محل چاه‌های آب موجود در منطقه و مختصات UTM آن‌ها به همراه	
مقادیر عددی EC و TDS.....	۸۳
جدول ۲-۶- نام و محل چاه‌های آب موجود در منطقه و فاصله تا سونداژ مجاورش، نام و	
مختصات UTM سونداژ مجاور چاه و مشخصات لایه آبدار موجود در زیر هر سونداژ.....	۸۴
جدول ۳-۶- محل چاه آب و سونداژ مجاور آن، مقاومت ویژه سازند اشباع از آب و مقاومت ویژه	
آب داخل سازند برای لایه‌های آبدار موجود در زیر هر سونداژ.....	۸۵

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

با توجه به این که پایان نامه حاضر به بررسی ارتباط بین نتایج تفسیر داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی به دست آمده از سونداژزنی الکتریکی قائم^۱ و پارامترهای کیفی^۲ به دست آمده از چاه‌های آبی می‌پردازد، در این فصل به طور خلاصه، به بررسی نحوه برداشت داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی و نیز توضیح بعضی از مفاهیم اولیه هیدرولوژی پرداخته شده است.

روش‌های مقاومت ویژه سطحی از سال ۱۹۶۰ به صورت روزمره توسط مهندسين و هیدرولوژیست‌ها برای به دست آوردن اطلاعات کمی آبخوان^۳ شامل آبدهی مخصوص^۴، هدایت هیدرولیکی^۵ و ضریب گذردهی^۶ استفاده شده است. روش‌های ژئوفیزیکی به خصوص روش مقاومت ویژه الکتریکی^۷، می‌توانند با مشخص نمودن میزان توسعه آبخوان و تعیین ساختارهای زمین‌شناسی و به دست آوردن رابطه‌ای اساسی بین پارامترهای ژئوفیزیکی و هیدرولوژیکی محیط آبخوان، به منظور افزایش اطمینان در مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی استفاده شوند [Asfahani, 2007].

۱-۲- روش‌های مقاومت ویژه الکتریکی

این روش‌ها، مقاومت ویژه الکتریکی زمین را از طریق وارد کردن جریان الکتریکی مستقیم به داخل آن و تعیین پتانسیل الکتریکی تولید شده در سطح زمین، اندازه‌گیری می‌کنند. با استفاده از این روش‌ها، خصوصیات الکتریکی زمین و به تبع آن ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه را می‌توان استنباط نمود [Corvallis, 2000].

¹ Vertical Electric Sounding

² Quality Parameters

³ Aquifer

⁴ Specific Yield

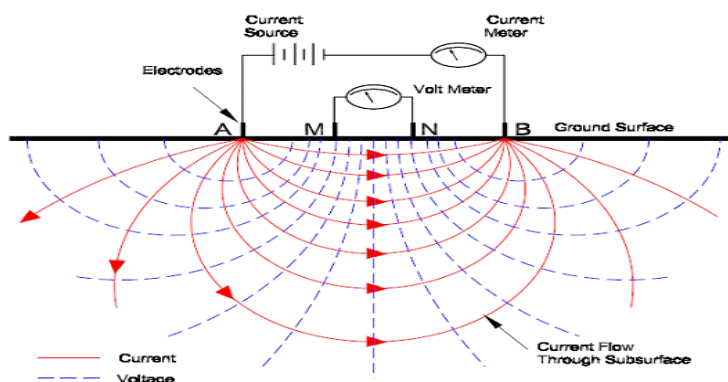
⁵ Hydraulic Conductivity

⁶ Transmissivity

⁷ Resistivity method

۱-۲-۱- اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی زمین

شکل ۱-۱ یک نمودار شماتیک است که اصول اندازه‌گیری‌های مقاومت ویژه مستقیم را نشان می‌دهد. دو عدد الکتروود کوتاه فلزی که الکتروود جریان نامیده می‌شوند (الکتروودهای A و B) و در حدود ۱۰-۳۰ سانتی‌متر داخل زمین قرار گرفته‌اند، جریان الکتریکی را به داخل زمین تزریق می‌کنند. دو الکتروود دیگر که الکتروود پتانسیل نامیده می‌شوند (الکتروودهای M و N)، برای اندازه‌گیری ولتاژ یا اختلاف پتانسیل الکتریکی تولید شده در اثر شارش جریان الکتریکی در داخل زمین استفاده می‌شوند.



شکل ۱-۱- چگونگی اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی زمین در روش ژئوالکتریک [Corvallis, 2000].

در اکثر موارد جریان الکتریکی توسط دو الکتروود جریان با فواصل الکتروودی مختلف که نسبت به یک نقطه مرکزی تقارن دارند، به زمین فرستاده شده و پتانسیل الکتریکی حاصل توسط دو الکتروود پتانسیل اندازه‌گیری می‌شود. برای هر آرایش الکتروودی با الکتروودهای جریان A و B و الکتروودهای پتانسیل M و N، مقاومت ویژه ظاهری^۱ به صورت زیر تعریف می‌شود [Asfahani, 2007]:

$$\rho_a = \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} + \frac{1}{BM} + \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}} \frac{\Delta V}{I} \quad (1-1)$$

^۱ Apparent Resistivity

در این رابطه I شدت جریان ارسالی (بر حسب آمپر)، ΔV اختلاف پتانسیل قرائت شده (بر حسب ولت) و ρ_a مقدار مقاومت ویژه ظاهری (بر حسب اهم متر) می باشد.

در زمین های همگن^۱ و همسانگرد^۲، مقاومت ویژه به دست آمده از این معادله، ثابت و مستقل از فاصله الکترودی و موقعیت الکترودها در سطح زمین است. در این حالت، مقاومت ویژه به دست آمده، مقاومت ویژه واقعی^۳ یا حقیقی زمین مورد نظر می باشد. در صورت وجود ناهمگنی های زیرسطحی، مقدار مقاومت ویژه اندازه گیری شده با تغییر موقعیت الکترودها تغییر می کند. در این صورت مقادیر اندازه گیری شده، مقاومت ویژه ظاهری هستند [Zonge & Research, 1994].

۱-۲-۲- سونداژزنی مقاومت ویژه

به منظور آشنایی با روش اندازه گیری مورد استفاده در این پایان نامه، به شرح مختصری از آن پرداخته شده است:

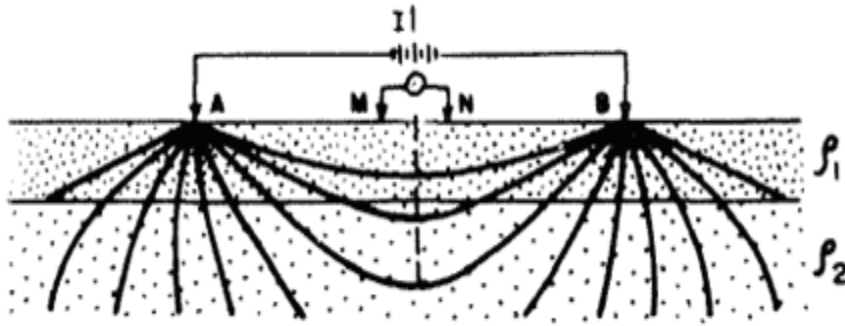
روش مقاومت ویژه الکتریکی شامل تزریق جریان الکتریکی به زمین توسط یک جفت الکتروود جریان (الکترودهای A و B شکل ۱-۲) و در همان حال اندازه گیری اختلاف پتانسیل در سطح زمین توسط یک جفت الکتروود پتانسیل (الکترودهای M و N شکل ۱-۲) می باشد. در آرایش شکل ۱-۲ که آرایش متقارن شلومبرژه^۴ نامیده می شود، جفت الکترودهای (A , B) و (M , N) هم محور و نسبت به مرکز آرایش متقارن می باشند. در این آرایش برای تمام فاصله های AB باید رابطه $AB \geq 5MN$ برقرار باشد.

¹ Homogeneous

² Isotropic

³ True Resistivity

⁴ Schlumberger



شکل ۱-۲- خطوط جریان و سطوح هم پتانسیل الکتریکی برای آرایش الکترودی متقارن شلومبرژه

[Ginzburg & Levanon , 1976]

در این آرایش، مقاومت ویژه ظاهری را با استفاده از رابطه زیر می‌توان به دست آورد:

$$\rho_a = \pi \frac{a^2 - b^2}{2b} \frac{\Delta V}{I} \quad (2-1)$$

به طوریکه در این رابطه مقادیر a و b برابر است با:

فاصله نقطه مرکزی آرایش از هر کدام از الکترودهای جریان را اصطلاحاً فاصله الکترودی نامیده می‌شود و با $AB/2$ نشان داده می‌شود. با افزایش فاصله الکترودی، جریان الکتریکی به عمق بیشتری از زمین نفوذ می‌کند. از تفسیر داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای عمق‌های نفوذ مختلف، می‌توان به لایه‌بندی‌های زیرزمینی و بی‌هنجاری^۱‌های موجود در آن‌ها پی برد و مقاومت ویژه واقعی آن‌ها را به دست آورد. به این ترتیب، از دیدگاه نظری می‌توان لایه‌بندی زیرسطحی را از طریق اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی در سطح زمین به دست آورد. روش فوق را سونداژزنی مقاومت ویژه الکتریکی^۲ می‌نامند. این روش به مطالعه لایه‌بندی زیرسطحی بر اساس مقاومت ویژه الکتریکی اندازه‌گیری شده

در سطح زمین می‌پردازد [Ginzburg & Levanon , 1976].

¹ Anomaly

² Electrical Sounding

این روش، تخمینی از تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی در زیر سطح زمین را توسط اندازه‌گیری-های سطحی می‌دهد و بر این اساس بنا شده است که بخش قابل توجهی از جریان تزریق شده به داخل زمین، به عمق مشخصی از آن می‌رسد. همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد، با افزایش فاصله الکترودی، این عمق افزایش می‌یابد. بنابراین توزیع پتانسیل الکتریکی در سطح زمین، بیشتر تحت تأثیر ناهمگنی^۱های عمیق موجود در داخل زمین قرار می‌گیرد [Asfahani, 2007].

۱-۲-۳- ارائه داده‌های سونداژزنی مقاومت ویژه

اطلاعات و نکاتی که در سونداژزنی مقاومت ویژه ثبت می‌گردند عبارتند از:
متغیرمستقل: فاصله الکترودی

متغیروابسته: مقاومت ویژه ظاهری (ρ_a)

اطلاعات کمکی: نوع آرایش، آزیموت خط برداشت و موقعیت مرکز الکترودی [Mooney, 1980].

به کمک کاغذهای شفاف، می‌توان تفسیر ساده‌ای را با استفاده از منحنی‌های استاندارد (سرمحنی‌ها)^۲ انجام داد. بهترین راه برای انجام تفسیر درست و به دست آوردن نتایج قابل اطمینان، انجام تطبیق جزء به جزء^۳ منحنی صحرائی با منحنی‌های استاندارد (با استفاده از منحنی‌های استاندارد دو لایه‌ای) می‌باشد. به این منظور، از منحنی‌های کمکی^۴ برای تعیین محل‌های مناسب مبدأ منحنی استاندارد اصلی دولایه‌ای که به قسمت‌های بعدی منحنی صحرائی منطبق می‌گردد، استفاده می‌شود. روش تطبیق جزء به جزء، روش اصلی تفسیر تا سال ۱۹۸۰ بوده است. پس از آن، برنامه‌های کامپیوتری امکان تهیه نتایج قابل اعتمادتر نسبت به روش تطبیق جزء به جزء را فراهم آورده است [Milson, 1989].

¹ Inhomogeneity

² Master Curves

³ Partial Curve Matching

⁴ Auxiliary Curves

۱-۲-۴- پارامترهای ژئوالکتریکی

یک مقطع زمین‌شناسی کلاً با یک مقطع ژئوالکتریک فرق دارد. مرز بین لایه‌های مختلف زمین‌شناسی ممکن است منطبق با مرز لایه‌های ژئوالکتریک باشد و یا نباشد. برای نمونه، موقعی که شوری آب زیرزمینی در یک نوع سنگ و یا رسوب معین (که از نظر لیتولوژیکی همگن می‌باشد) با عمق تغییر کند، چند لایه ژئوالکتریک ممکن است در داخل آن قابل تشخیص باشند. عکس این حالت موقعی است که چند لایه با لیتولوژی و یا سن متفاوت (یا هر دو حالت)، ممکن است مقاومت ویژه یکسانی داشته باشند و تشکیل یک لایه ژئوالکتریک را بدهند.

بنابراین یک لایه ژئوالکتریک توسط دو پارامتر اساسی، یکی مقاومت ویژه ظاهری (ρ_a) و دیگری ضخامت (h) قابل توصیف می‌باشد [کلاگری، ۱۳۷۱].

۱-۲-۵- مقاومت ویژه ظاهری

مقادیر قرائت شده توسط دستگاه‌ها (جریان و ولتاژ) معمولاً به مقادیر مقاومت ویژه ظاهری تبدیل می‌شوند. مقاومت ویژه ظاهری در واقع مقاومت ویژه نیم فضایی^۱ است که پاسخ دستگاهی مشاهده شده را به ازای فواصل الکترودی معین، نشان می‌دهد. مقاومت ویژه ظاهری، یک میانگین وزنی از مقاومت ویژه خاک‌ها و سنگ‌های محدوده عمقی تحت بررسی می‌باشد. برای داده‌های سونداژ مقاومت ویژه الکتریکی، یک نمودار که دارای دو محور لگاریتمی شامل مقاومت ویژه ظاهری به ازای فاصله الکترودی است، ترسیم می‌گردد که اصطلاحاً منحنی سونداژ الکتریکی نامیده می‌شود. نتیجه نهایی برداشت‌های مقاومت ویژه مستقیم، معمولاً یک مقطع یا نیمرخ ژئوالکتریکی^۲ است که مقاومت ویژه و ضخامت لایه‌ها یا واحدهای ژئوالکتریکی را نشان می‌دهد. اگر داده‌های چاه‌پیمایی یا مدل

^۱ Half Space

^۲ Geoelectric Cross Section

زمین‌شناسی منطقه در دست باشند، آنگاه از ترکیب مدل زمین‌شناسی و مقطع ژئوالکتریکی می‌توان برای تشخیص حد اطمینان^۱ اندازه‌گیری‌های مقاومت ویژه الکتریکی استفاده کرد.

یک مقطع ژئوالکتریکی دوبعدی ممکن است از ترکیب یک سری سونداژهای الکتریکی یک بعدی ایجاد شود و یا اینکه یک مقطع دوبعدی به هم پیوسته و یکپارچه باشد. نوع مقطع ژئوالکتریکی تولید شده، به نحوه به دست آوردن پارامترها و نوع پردازش صورت گرفته بر روی داده‌ها بستگی دارد [Corvallis, 2000].

۱-۲-۶- مدل‌سازی^۲

داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی معمولاً از طریق فرایند مدل‌سازی تعبیر و تفسیر می‌شوند. در فرآیند مدل‌سازی، یک مدل ژئوالکتریکی از زمین شامل تعداد لایه‌ها و مقاومت‌های ویژه و ضخامت‌های آنها (مقطع ژئوالکتریکی) ایجاد یا در نظر گرفته می‌شود. سپس مقدار تئوری مقاومت ویژه الکتریکی آن مدل محاسبه می‌گردد. در مرحله بعد، این پاسخ تئوری با پاسخ صحرایی مشاهده شده مقایسه می‌گردد و اختلافات موجود بین این دو، مورد توجه قرار می‌گیرد. سپس مدل ژئوالکتریکی زمینی مزبور آن قدر تعدیل می‌شود تا بیشترین برازش^۳ با داده‌های مشاهده شده ایجاد شود و در نهایت این مدل ژئوالکتریکی تعدیل یافته، به عنوان مدل مقاومت ویژه نهایی برگزیده می‌شود.

هنگامی که این فرایند تکراری به صورت اتوماتیک انجام شود، آن را اصطلاحاً معکوس‌سازی دارای

مراحل تکرار^۴ یا بهینه‌سازی^۵ می‌نامند [Corvallis, 2000].

^۱ Level of Confidence

^۲ Modelling

^۳ Fitting

^۴ Iterative Inversion

^۵ Optimization

۱-۲-۷- یکتایی^۱

مدل‌های مقاومت ویژه الکتریکی معمولاً یکتا نیستند. تعداد زیادی از مدل‌های ژئوالکتریکی زمینی می‌توانند داده‌های مشاهده‌ای یا نمودارهای سونداژ مشابهی را تولید کنند. در این مورد، معمولاً روش‌های مقاومت ویژه الکتریکی، مقاومت عرضی^۲ یا هدایت افقی^۳ لایه یا واحد چینه‌شناسی را مد نظر قرار می‌دهند که هر دو عامل، تابعی از مقاومت ویژه و ضخامت لایه‌ها می‌باشند. بنابراین لایه‌های ضخیم با مقاومت ویژه کم و لایه‌های نازک با مقاومت ویژه زیاد، ممکن است پاسخ مشابهی را تولید کنند. این پدیده را اصطلاحاً اصل هم‌ارزی^۴ می‌نامند. پس ایجاد قیدهایی بر روی مدل مذکور، می‌تواند تعبیر و تفسیر را ساده‌تر نماید [Corvallis, 2000].

۱-۳- هدف و ضرورت مطالعه حاضر

هدف از این پایان‌نامه به دست آوردن عمق آبهای زیر زمینی در منطقه مورد مطالعه است. علاوه بر آن باید سعی شود بین داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی به دست آمده از سونداژهای الکتریکی و پارامترهای کیفی آب به دست آمده از چاه‌های آبی در منطقه اجرای سونداژ، رابطه منطقی برقرار گردد.

۱-۴- مروری بر مطالعات انجام شده

مقالات متعددی در زمینه ترکیب و ارتباط بین داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی و پارامترهای هیدروژئولوژیکی آبخوان وجود دارد. بررسی‌های نسبتاً زیادی در این موارد در کشورهایی مانند

¹Uniqueness

² Transverse Resistance

³Horizontal Conductance

⁴ Principle of Equivalence

آمریکا، کانادا، استرالیا و انگلستان انجام شده است که از آن جمله می توان به مقالات و گزارش های متعدد منتشر شده توسط ... ,dahlin , Rosqvist , Kollmann , White اشاره نمود.

وینسنز^۱ در سال ۱۹۶۸ یک رابطه همبستگی مثبت را بین مقاومت ویژه سطحی اندازه گیری شده و میزان آبدهی چاه به دست آورد. آنگماخ^۲ در سال ۱۹۶۹ بین ضرایب گذردهی به دست آمده از ۶ مکان اجرای تست پمپاژ در آبخوان راین^۳ و مقاومت عرضی به دست آمده از آن ها همبستگی ایجاد کرد. کرافت^۴ در سال ۱۹۷۱ از داده های به دست آمده توسط جونز و بوفورد^۵ برای ایجاد رابطه همبستگی بین ضریب نفوذپذیری و فاکتور سازندی آبخوان استفاده کرد. او این رابطه را برای تخمین ضریب گذردهی آبخوان با استفاده از اندازه گیری های مقاومت ویژه الکتریکی صورت گرفته در چاه های حفاری به کار برد. ورتینگتون^۶ در سال ۱۹۷۵ یک رابطه همبستگی معکوس را بین فاکتور سازندی تصحیح شده و نفوذپذیری بین دانه ای یک آبخوان محاسبه نمود. اسکاراسیا^۷ در سال ۱۹۷۶ از داده های سونداژهای مقاومت ویژه الکتریکی، برای تخمین ضریب گذردهی در یکی از آبخوان های کشور ایتالیا استفاده کرد. مازاک و لندا^۸ در سال ۱۹۷۹ داده هایی از کشور چکسلواکی سابق را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و نتیجه گرفتند که به دست آوردن رابطه ای بین ضریب گذردهی آبخوان و مقاومت عرضی و هدایت طولی آن، به دو صورت همبستگی مستقیم و معکوس، ممکن می باشد. کوسینسکی و کلی در سال ۱۹۸۱ بین داده های مقاومت ویژه لایه های اشباع از آب و مقادیر هدایت هیدرولیکی به دست آمده از داده های تست پمپاژ در جنوب جزیره رد همبستگی ایجاد کردند. [Asfahani, 2007].

¹ Vincenz

² Ungemach

³ Rhine

⁴ Croft

⁵ Jones and Bufford

⁶ Worthington

⁷ Scarascia

⁸ Mazac and landa

در ایران نیز برای به دست آوردن رابطه همبستگی بین داده‌های سونداژ الکتریکی و پارامترهای هیدرولوژیکی، تلاش‌های زیادی صورت گرفته است که به عنوان مثال نخعی در سال ۱۳۸۲ با استفاده از داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی و روابط تجربی، میزان تخلخل و آبدهی ویژه را در آبخوان دشت شورو تخمین زده است. در این تحقیق، تعداد ۲۰۷ سونداژ الکتریکی قائم با آرایش الکترودی شلومبرژه در دشت شورو (واقع در ۸۰ کیلومتری جنوب غرب زاهدان) برداشت گردیده و پس از تصحیح، داده‌های صحرائی به کمک نرم افزارهای مختلف و با در نظر گرفتن اطلاعات لاگ چاه‌های گمانه موجود در منطقه، پردازش و تفسیر شده و مقاومت ویژه حقیقی و ضخامت لایه‌های زیرسطحی مختلف مشخص و محدوده آبخوان در دشت تعیین گردیده است. در این تحقیق، مقاطع ژئوالکتریک و نقشه‌های هم‌عمق و هم‌مقاومت لایه آبدار و سنگ کف ترسیم و با توجه به نقشه هم‌تراز آب زیرزمینی، جهت حرکت آب و نیز ورودی‌ها و خروجی‌های دشت تعیین گردیده است [نخعی و لشکری پور، ۱۳۸۲].

۱-۵- ساختار پایان نامه

پایان نامه حاضر شامل هفت فصل است. در فصل اول پایان نامه به ارائه مطالبی جهت آشنایی با روش مقاومت ویژه الکتریکی به طور مستقیم پرداخته شده است. در فصل دوم مفاهیم و اصطلاحات هیدروژئولوژیکی و تقسیم بندی تشکیلات زمین شناسی از نظر آب شناسی و مفاهیم هدایت هیدرولیکی، تخلخل، هدایت الکتریکی و دیگر مفاهیم اشاره شده است. در فصل سوم موقعیت و وضعیت زمین شناسی منطقه مورد نظر توضیح داده شده و به چگونگی برداشت صحرائی در منطقه پرداخته شده است. در فصل چهارم و پنجم به ترتیب به مدل سازی و تفسیر یک بعدی و دو بعدی داده‌های صحرائی اشاره گردیده و با استفاده از نتایج آنها در فصل ششم بین داده‌های مقاومت ویژه و

پارامترهای کیفی به دست آمده از چاه های آب منطقه مورد مطالعه، ارتباط آماری به وجود آمده است. در نهایت در فصل هفتم نتایج و پیشنهادات ارائه شده است.

فصل دوم

مفاهیم هیدرولوژی و چگونگی ارتباط بین
آنها با مقاومت ویژه الکتریکی

۱-۲- اصطلاحات هیدرولوژی

برای درک بهتر مطالب موجود، لازم است در مورد برخی از مفاهیم هیدرولوژی توضیحات مختصری ارائه گردد:

۱-۱-۲- آب‌های زیرزمینی^۱

به آب‌هایی اطلاق می‌شود که تمام خلل و فرج سنگ‌ها و رسوبات را اشغال می‌کنند. در واقع آب زیرزمینی همان آبی است که در زون اشباع وجود دارد.

۲-۱-۲- اهمیت و مزایای آب‌های زیرزمینی

- الف) مهمترین منبع آب شیرین است.
- ب) دما و ترکیب شیمیایی نسبتاً ثابتی دارد.
- ج) تحت تأثیر خشکسالی‌های کوتاه‌مدت قرار نمی‌گیرد.
- د) در مناطقی که آب سطحی نداریم، مورد استفاده واقع شده و قابل اطمینان است [صداقت، ۱۳۸۵].

۳-۱-۲- تقسیم‌بندی سازندهای زمین‌شناسی از نظر آب‌شناسی و نفوذپذیری

الف) آبخوان^۲ یا سفره آب: تشکیلاتی است که نفوذپذیری بالا و قابلیت ذخیره و انتقال آب را دارد مانند سنگ آهک و ماسه سنگ.

ب) اکتارد (سفره نیمه تراوا)^۳: قابلیت ذخیره آب را دارد ولی مقدار انتقال آب در آن کمتر از آبخوان

¹ Groundwater

² Aquifer

³ Aquitard

است و نیمه تراوا هستند مانند ماسه‌های رسی که می‌توانند به عنوان یک منبع ذخیره آب در بالای آبخوان باشند.

ج) سفره ناتراوا^۱: سازندهایی که گرچه حاوی مقداری آب هستند اما آبدهی بسیار ناچیزی دارند را در بر می‌گیرند مثل رس که به عنوان سنگ کف در بسیاری از حوضه‌های رسوبی به حساب می‌آید.

د) بسته سازند یا مناطق بی‌آب: نه حاوی آب هستند و نه قابلیت انتقال آب را دارند مانند توده سنگ آذرین غیرهوازده [مدنی، ۱۳۸۶].

۲-۱-۴- تخلخل کل یا مطلق (ϕ)

نسبت حجم کلیه فضاهاى خالی موجود در سنگ را به حجم کل آن، تخلخل کل یا مطلق نامیده می‌شود به عبارت دیگر داریم:

$$\phi = \frac{V_v}{V_t} \times 100 \quad (1-2)$$

در این رابطه V_v حجم فضاهاى خالی موجود در سنگ، V_t حجم کل سنگ و ϕ تخلخل کل یا مطلق (بر حسب در صد) می‌باشد [Weight & Sonderegger, 2001].

۲-۱-۵- هدایت هیدرولیکی (K)

هدایت هیدرولیکی (K) عبارت است از حجم جریانی که در واحد زمان از سطح مقطع عمود بر جریان واحد، تحت شیب هیدرولیکی واحد عبور می‌کند. این کمیت دارای واحد سرعت بوده و معمولاً

¹Aquiclude

²Total Porosity

در عمل برحسب متر بر روز (گاهی سانتی متر بر ثانیه یا متر بر دقیقه یا واحد های دیگر سرعت) بیان می شود [Domenico & Schwartz, 1998].

مقادیر عددی تخلخل و هدایت هیدرولیکی برای انواع مختلف خاکها و سنگها در جدول ۱-۲ آورده شده است.

جدول ۱-۲- مقادیر عددی تخلخل و هدایت هیدرولیکی برای انواع مختلف خاکها و سنگها

[Domenico & Schwartz, 1998]

لیتولوژی	تخلخل (در صد)	هدایت هیدرولیکی (سانتی متر بر
گراول	۲۵-۴۰	$۱۰^{-۲}-۱۰^{-۲}$
ماسه	۲۵-۵۰	$۱۰^{-۴}-۱$
سیلت	۳۵-۵۰	$۱۰^{-۷}-۱۰^{-۳}$
رس	۴۰-۷۰	$۱۰^{-۱۰}-۱۰^{-۷}$
رسوبات یخچالی	۱۰-۲۰	$۱۰^{-۱۰}-۱۰^{-۴}$
بازالت های شکسته شده	۵-۵۰	$۱۰^{-۵}-۱$
سنگ آهک کارستی	۵-۵۰	$۱۰^{-۴}-۱۰$
ماسه سنگ	۵-۳۰	$۱۰^{-۸}-۱۰^{-۴}$
سنگ آهک، دولومیت	۰-۲۰	$۱۰^{-۷}-۱۰^{-۴}$
شیل	۰-۱۰	$۱۰^{-۱۱}-۱۰^{-۷}$
سنگ های بلورین شکسته شده	۰-۱۰	$۱۰^{-۷}-۱۰^{-۲}$
سنگ های بلورین متراکم	۰-۵	$۱۰^{-۱۲}-۱۰^{-۸}$

۲-۱-۶- ضریب مقاومت سازند تمیز^۱ و ارتباط آن با تخلخل

به سازندی که فاقد مواد رسی (شیلی و مارنی) باشد، سازند تمیز اطلاق می شود. فرض کنید چاهی از میان سازند تمیز عبور کرده باشد، در این صورت ضریب مقاومت ویژه سازند^۲ یا فاکتور سازندی^۳ توسط رابطه زیر بیان می شود [مرادزاده و قوامی ریابی، ۱۳۸۶]:

^۱ Clean Formation

^۲ Formation Resistivity Factor (F.R.F)

^۳ Formation Factor

$$F = \frac{R_o}{R_w} \quad (2-2)$$

در این رابطه R_o مقاومت ویژه کل سازند تمیز، R_w مقاومت ویژه آب داخل سازند و F ضریب مقاومت ویژه سازند یا فاکتور سازندی می‌باشد. ارتباط ضریب مقاومت ویژه سازند با تخلخل، به وسیله رابطه‌ای تجربی که اولین بار توسط آرچی^۱ بیان گردید، تعریف می‌شود:

$$F = \frac{a}{\phi m} \quad (3-2)$$

در این رابطه a ضریب ثابتی است که تابعی از جنس سنگ و پیچاپیچی مسیر حرکت سیال می‌باشد و m ضریب سیمان‌شدگی^۲ است. در این معادله، مقدار کمیت a در محدوده ۰/۶۲-۲/۴۵ و مقدار کمیت m در محدوده ۱/۰۸-۲/۱۵ تغییر می‌کند [مرادزاده و قوامی ریایی، ۱۳۸۶].

۲-۱-۷- هدایت الکتریکی^۳ آب (EC)

توانایی عبور دهی الکتریسیته توسط حجم واحدی از آب به ابعاد واحد، هدایت الکتریکی نامیده می‌شود. مواد تجزیه شده به صورت یونی در آب قادرند در اثر پتانسیل الکتریکی حرکت کنند. بنابراین با وارد کردن جریان الکتریکی به محلول می‌توان مقدار هدایت الکتریکی آن را اندازه‌گیری نمود. توانایی محلول برای هدایت جریان، تابعی از غلظت یون‌ها در محلول بوده و مقدار حرکت در آن تحت تأثیر پتانسیل ایجاد شده می‌باشد. هدایت الکتریکی دارای واحد زیمنس بر متر (S/m) و در عمل معمولاً میکروزیمنس (میکروموس) بر سانتی‌متر ($\mu S/cm$) می‌باشد. هدایت الکتریکی ساده‌ترین و اقتصادی‌ترین پارامتر شیمیایی آب جهت اندازه‌گیری است. مقدار هدایت الکتریکی متأثر از درجه حرارت مایع می‌باشد و مقدار آن با افزایش درجه حرارت افزایش می‌یابد و لازم است که هدایت

¹ Archie

² Cementation Factor

³ Electrical Conductivity

الکتریکی توأم با درجه حرارت اندازه‌گیری شده بیان شود. وقتی مقدار غلظت یون‌ها نسبت به واحد حجم محلول افزایش می‌یابد، رابطه بین غلظت یونی و هدایت الکتریکی برای محلول رقیق به صورت خطی است.

علاوه بر این، آب‌های طبیعی انواع مختلفی از یون‌های باردار و ترکیبات غیر باردار را شامل می‌شوند و لذا تعیین هدایت الکتریکی می‌تواند یک تخمین کاملاً دقیق از غلظت یونی و یا کل مواد حل شده باشد، ولی در کل می‌توان گفت که هدایت الکتریکی متناسب با کل مواد جامد حل شده یا T.D.S.^۱ (که معمولاً برحسب واحد میلی‌گرم بر لیتر بیان می‌شود) می‌باشد به طوری که خواهیم داشت [صداقت ، ۱۳۸۵]:

$$T.D.S. = K_e \times EC \quad (۴-۲)$$

در این رابطه T.D.S. برحسب میلی‌گرم بر لیتر، EC بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر در ۲۵ درجه سانتی‌گراد و K_e فاکتور تبدیل و معمولاً بین ۰/۵۵ تا ۰/۸ می‌باشد که بایستی برای هر منطقه عملیاتی مشخص گردد.

۲-۱-۸- تعیین مقدار کل مواد جامد حل شده (T.D.S)

مقدار T.D.S. در آب‌های زیرزمینی با وزن کردن مقدار مواد جامد باقی‌مانده از تبخیر حجم معینی نمونه که از صافی عبور داده شده است، به دست می‌آید. مواد جامد باقی‌مانده از تبخیر حجم معینی نمونه معمولاً از مقدار زیادی مواد کانی^۲ و مقدار کمی مواد آلی^۳ تشکیل شده است. ساده‌ترین

^۱ Total Dissolved Solid

^۲ Mineral

^۳ Organic

روش برای تقسیم‌بندی آب از نظر کیفی بر اساس مقدار T.D.S. انجام می‌گیرد. اگر آبی شامل بیش از

۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر T.D.S. باشد، برای خوردن مناسب نیست [صداقت، ۱۳۸۵].

جدول ۲-۲- مقادیر عددی مقاومت ویژه، هدایت ویژه و شوری برای انواع مختلف آب‌ها

[Bernard, 2003].

نوع آب	مقاومت ویژه (اهم متر)	هدایت ویژه (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)	شوری (میلی گرم بر لیتر)
خیلی شیرین	۲۰۰	۵۰	۳۵
شیرین	۲۰	۵۰۰	۳۵۰
شور	۱۰	۱۰۰۰	۷۰۰
خیلی شور	۰/۳	۳۰۰۰۰	۲۱۰۰۰

۲-۳- منشأ شوری در آب‌های زیرزمینی

آب‌های زیرزمینی شوری را از واکنش با موادی که در داخل و یا از کنار آن جریان می‌یابند، به

دست می‌آورند. منابع مختلفی که باعث شوری این آب‌ها می‌شوند عبارتند از [باقری، ۱۳۸۶]:

الف) شوری حاصل از انحلال سفره

ب) آب‌های برگشتی کشاورزی

ج) فعالیت‌های انسانی و توسعه شهری

د) شوری در ارتباط با ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی.

۲-۴- روش‌های الکتریکی به منظور مطالعه آب‌های زیرزمینی

آب‌های زیرزمینی به خاطر نمک‌ها و یون‌های محلولی که دارند، از نظر یونی هادی می‌باشند و جریان الکتریکی را قادر می‌سازند که در داخل زمین جاری شود. در نتیجه اندازه‌گیری مقاومت ویژه زمین، امکان تشخیص حضور آب‌های زیرزمینی را با در نظر گرفتن موارد زیر فراهم می‌سازد:

الف) سنگ سخت فاقد تخلخل و شکستگی و یا ماسه سنگ خشک فاقد آب یا رس، مقاومت ویژه خیلی بالایی دارد که می‌تواند تا چندین ده هزار اهم متر باشد.

ب) سنگ متخلخل یا شکسته شده حاوی آب آزاد: دارای مقاومت ویژه‌ای است که مقدار آن به مقدار مقاومت ویژه آب محتوی و تخلخل سنگ بستگی دارد و مقدار مقاومت ویژه آن از چندین ده تا چندین هزار اهم متر می‌تواند باشد.

ج) لایه رسی نفوذ ناپذیر: اگر حاوی آب محصور شده باشد، مقاومت ویژه پایینی دارد معمولاً از چند اهم متر تا چندین ده اهم متر می‌باشد.

د) کانسارهایی مثل آهن، سولفیدها و غیره: به علت هدایت الکتریکی بالا، مقادیر مقاومت ویژه پایینی دارند و مقاومت ویژه معمولاً کمتر یا خیلی کمتر از یک اهم متر می‌باشد [Bernard, 2003].

روش‌های مقاومت ویژه مستقیم را می‌توان هم در روش پروفیل‌زنی برای به نقشه درآوردن تغییرات جانبی و تشخیص مرزها (مانند گسل‌ها و دایک‌ها) و رخساره^۱های قائم یا زون‌های شکسته شده و هم در روش سونداژزنی (مثلاً سونداژزنی شلومبرژه) برای تشخیص عمق افق‌های ژئوالکتریکی (مثلاً عمق لایه‌های زمین‌شناسی و آب‌های زیرزمینی) به کار برد [Seaton & Burbey, 2002].

در جدول ۲-۳ گستره تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی بعضی از مواد زمین آورده شده است.

^۱ Facies

جدول ۲-۳- تقسیم‌بندی کلی مواد زمین با توجه به گستره تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی آن‌ها [Mooney 1980].

نوع مواد	تقسیم بندی	گستره تغییرات مقاومت ویژه
مواد زمین	مواد با مقاومت ویژه پایین	کمتر از ۱۰۰ اهم متر
	مواد با مقاومت ویژه متوسط	۱۰۰ تا ۱۰۰۰ اهم متر
	مواد با مقاومت ویژه بالا	بیشتر از ۱۰۰۰ اهم متر
مناطق زمین	مناطق مرطوب	۵۰ الی ۲۰۰ اهم متر
	مناطق خشک	۱۰۰ الی ۵۰۰ اهم متر
	مناطق بیابانی	۲۰۰ الی ۱۰۰۰ اهم متر
انواع آب‌ها	آب موجود در خاک	۱ الی ۱۰۰ اهم متر
	آب باران	۳۰ الی ۱۰۰۰ اهم متر
	آب دریا	حدود ۰/۲ اهم متر
کانسنگ‌ها	سولفیدهای توده‌ای	۱ الی 10^{-4}
	غیر فلزی‌ها	حدود 10^{10}

در جدول ۲-۴ نیز گستره تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی بعضی از رسوبات و سنگ‌های رسوبی آورده شده است.

جدول ۲-۴- گستره تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی بعضی از رسوبات و سنگ‌های رسوبی [Mooney, 1980].

نوع سنگ یا مواد	گستره تغییرات مقاومت ویژه (اهم-متر)
شیل‌های مستحکم	$20 - 2 \times 10^3$
آرژیلیت‌ها	$10 - 8 \times 10^2$
کنگلومرها	$2 \times 10^3 - 10^4$
ماسه سنگ‌ها	$1 - 6/4 \times 10^8$
سنگ‌های آهکی	$50 - 10^7$
دولومیت‌ها	$3/5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
رس‌های مرطوب نامستحکم	۲۰
مارن‌ها	۳-۷۰
رس‌ها	۱-۱۰۰
آبرفت‌ها و ماسه‌ها	۱۰-۸۰۰
ماسه‌های حاوی نفت	۴-۸۰۰

مقاومت ویژه الکتریکی خاک‌ها و سنگ‌ها با دیگر ویژگی‌های آن‌ها که مورد توجه زمین‌شناسان، هیدروژئولوژیست‌ها و مهندسين ژئوتکنیک می‌باشند، مرتبط است. پارامترهای زمین‌شناسی دیگری که بر روی مقاومت ویژه الکتریکی و معکوس آن که همان رسانندگی یا هدایت ویژه الکتریکی است، تأثیر می‌گذارند عبارتند از:

الف) محتوای رس^۱

ب) رسانندگی یا هدایت ویژه آب‌های زیرزمینی

ج) تخلخل خاک یا مجموعه سازند

د) درجه اشباع آب [Mooney, 1980].

¹ Clay Content

فصل سوم

عملیات صحرائی

در فصل اول، به بیان مطالب کلی در مورد روش برداشت مقاومت ویژه الکتریکی با استفاده از آرایش الکترودی شلومبرژه پرداخته شد. در فصل قبل نیز، مفاهیم و اصطلاحات اولیه هیدرولوژی به طور مختصر مورد بحث قرار گرفت. در این فصل، مشخصات عمومی منطقه مورد مطالعه و چگونگی طراحی شبکه برداشت ژئوالکتریک و عملیات صحرائی به طور مختصر شرح داده می‌شوند.

همان طور که در فصل اول گفته شد، اهداف مختلفی در رابطه با موضوع این پایان نامه دنبال می‌شود. اولین هدف، تفسیر داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی صحرائی و به دست آوردن عمق، ضخامت و مقاومت ویژه حقیقی لایه‌های موجود در زیر هر سونداژ و تعیین عمق تقریبی آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه است. هدف دوم، ایجاد ارتباط بین نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی و پارامترهای هیدرولوژیکی به دست آمده از چاه‌های آب موجود در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. با تعمیم این رابطه در کل منطقه عملیاتی، می‌توان با اجرای سونداژهای الکتریکی و تعیین خواص الکتریکی لایه‌های آبدار (موجود در زیر سطح زمین در محل هر سونداژ) در نقاط فاقد چاه از منطقه مورد نظر، پارامترهای هیدرولوژیکی این لایه‌ها را به طور تقریبی تخمین زد. به این ترتیب، از صرف هزینه‌های هنگفت حفر چاه به منظور مشخص نمودن پارامترهای هیدرولوژیکی در نقاط فاقد چاه موجود در منطقه مطالعاتی، جلوگیری به عمل می‌آید. لازم به ذکر است که هر چه تعداد چاه‌های مشاهده‌ای در منطقه عملیاتی بیشتر باشد، تخمین به دست آمده از این طریق، به واقعیت نزدیک‌تر است.

بر اساس قرارداد شماره ۱۵۱۶۱ / ۴۲۰ مورخ ۷۵/۶/۲۲ بین سازمان آب منطقه‌ای مازندران و شرکت مهندسین مشاور صحراکاو، مطالعات ژئوفیزیکی به روش الکتریک در مخروط افکنه خرمالو (آزادشهر) به مرحله اجرا درآمد [سازمان آب منطقه‌ای گلستان، ۱۳۷۵].

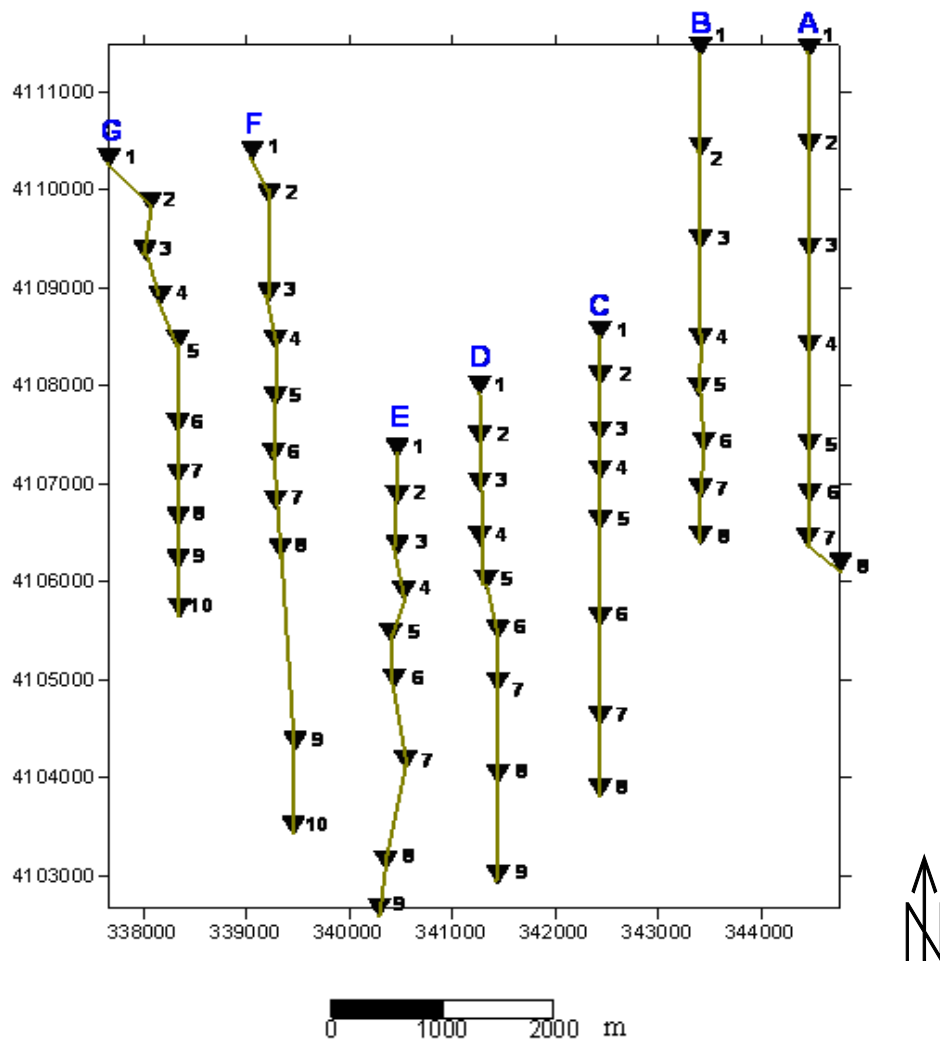
پس از هماهنگی با سازمان فوق الذکر، اطلاعات و داده‌های لازم از شرکت مهندسين مشاور صحراکاو دریافت و مطالعه و بررسی آنها آغاز شد.

به منظور تعیین گستره تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌های آبرفتی و سنگ کف در منطقه مخروط افکنه خرمالو و تفکیک لایه‌های زیرزمینی بر اساس مقاومت ویژه الکتریکی آنها و تشخیص شکستگی های احتمالی، تعداد ۶۲ سونداژ الکتریکی با حداکثر طول فرستنده جریان $AB=1000\text{ m}$ بر روی ۷ خط برداشت به نام های A تا G اجرا شده‌اند. روند کلیه خطوط برداشت ذکر شده، شمالی-جنوبی می‌باشد [سازمان آب منطقه‌ای گلستان، ۱۳۷۵]. شکل ۳-۱ موقعیت سونداژها و خطوط برداشت A تا G را نشان می‌دهد.

به این ترتیب، برداشت‌های مقاومت ویژه الکتریکی در ۶۲ نقطه اجرای سونداژ، در منطقه مخروط افکنه خرمالو انجام شده و پارامترهای هیدرولوژیکی، از چاه های موجود در این منطقه به دست آمده است. سعی بر آن است که با تفسیر داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی (به دست آمده از سونداژهای الکتریکی اجرا شده در مجاورت چاه‌های آب موجود در منطقه)، بتوان ارتباط منطقی و قابل قبولی را بین نتایج تفسیر یک‌بعدی این داده‌ها و پارامترهای هیدرولوژیکی به دست آمده از چاه‌های مذکور برقرار نمود.

۳-۲- موقعیت جغرافیایی

منطقه خرمالو در شرق آزادشهر قرار دارد. مختصات جغرافیایی این منطقه بین ۵۵ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی می‌باشد [سازمان آب منطقه‌ای گلستان ۱۳۷۵].



شکل ۳-۱- شبکه برداشت سونداژهای الکتریکی قائم به همراه نام و نقاط اجرای این سونداژها در مختصات UTM

۳-۳- زمین‌شناسی

بر اساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ چارگوش گنبد کاووس که در شکل ۳-۲ نشان داده شده است، منطقه مورد مطالعه در دو زون زمین‌شناسی البرز (در جنوب) و کپه داغ (در شمال) واقع شده است. قسمت اعظم سازندهای زمین‌شناسی منطقه به وسیله لس^۱ها (رسوبات بادی سست و نرم) پوشیده شده است. سازندهای زون البرز در منطقه از قدیم به جدید عبارتند از:

^۱ loess

۳-۳-۱- سازند میلا (Em)

این سازند شامل شیل و اسلیت به رنگ خاکستری مایل به سبز تیره دوره کامبرین می باشد ،
رخنمون این سازند به صورت محدود در جنوب غرب منطقه مورد مطالعه مشاهده می شود.

۳-۳-۲- سازند خوش بیلاق (Dkh)

آهک های دونین بالایی سازند خوش بیلاق به صورت نازک تا ضخیم لایه فسیل دار همراه با شیل
های خاکستری می باشد و به صورت نسبتا گسترده در جنوب شرق منطقه رخنمون دارد.

۳-۳-۳- سازند مبارک (Cm)

سنگ آهک کربنیفر سازند مبارک از جنس سنگ آهک فسیل دار به رنگ خاکستری تیره با شیل
های خاکستری تیره تا سیاه به صورت رخنمون های منفرد در بخش جنوبی و شمالی منطقه مشاهده
می شود.

۳-۳-۴- سازند درود (Pd)

سنگ آهک پرمین پیزولیتی و فسیل دار به رنگ صورتی تا خاکستری و ماسه سنگ قرمز تحت
عنوان سازند درود به صورت رخنمون هایی پراکنده در شمال منطقه حضور دارند.

۳-۴- زون کپه داغ

قدیمی ترین رخنمون مربوط به زون کپه داغ سنگ آهک های چرتی توده ای به رنگ خاکستری
ژوراسیک می باشند که مربوط به سازند مزدوران (Jmz) هستند. رخنمون های این سازند را می توان

در جنوب غربی منطقه مشاهده کرد. از جمله رخنمون های مربوط به زون کپه داغ، سنگ آهک ها، آهک های مارنی و شیل نازک تا ضخیم لایه به رنگ سفید تا خاکستری مربوط به کرتاسه می باشد که در حاشیه شرقی منطقه مورد مطالعه و در خارج آن قرار دارد.

۳-۵- نهشته های آبرفتی

نهشته های آبرفتی منطقه که سطح دشت را پوشانده است به صورت رسوبات بادی یخچالی شامل لس های رسوب گذاری شده در منطقه پست (Qgel) می باشد که در حاشیه ارتفاعات شمال و جنوب منطقه مشاهده می گردد. سطح منطقه را رسوبات رودخانه ای دریاچه ای (Qv) و مجموعه رسوبات در هم کف دره ای که به حالت متناوب پیش رونده بر روی رسوبات رودخانه ای - دریاچه ای قرار دارد می پوشاند.



55°00'

55°15'

55°30'

37°15'

37°00'

شکل ۳-۲- نقشه زمین‌شناسی ۱ : ۸۶۸۰۰ منطقه خرمالو به همراه نقاط اجرای سونداژهای الکتریکی قائم بر روی آن [www.ngdir.ir]

ALBORZ STRUCTURAL ZONE

P A L E O Z O I C	MES. TRIA.	T_{dt}	Grey, thick-bedded dolomite (ELIKA FORMATION)	دولومیت ضخیم لایه برنگ خاکستری (سازند الیکا)
		P_r	Grey, medium to thick-bedded fossiliferous limestone (RUTEH FORMATION)	سنگ آهک متوسط تا ضخیم لایه فیسل دار برنگ خاکستری (سازند روت)
	CARB PERMIAN	P_d	Pink-grey, fossiliferous, pisolitic limestone and red sandstone (DORUD FORMATION)	سنگ آهک پیزولیتی و فیسل دار برنگ صورتی تا خاکستری و ماسه سنگ قرمز (سازند دورود)
		C_m	Dark grey, fossiliferous limestone with dark grey to black shale (MOBARAK FORMATION)	سنگ آهک فیسل دار برنگ خاکستری تیره با شیلهای خاکستری تیره تا سیاه (سازند مبارک)
		D_{kb}	Thin to thick bedded fossiliferous limestone with grey shale (Khosroiyeh Formation)	سنگ آهک نازک تا ضخیم لایه فیسل دار با شیلهای خاکستری (سازند خوش بلاق)
		D_{pd}	Red-white, thick-bedded quartzose sandstone (PADEHA FORMATION)	ماسه سنگ کوارتز آریابت ضخیم لایه برنگ قرمز تا سفید (سازند پادها)
		S^a	Dark red-black basaltic andesite-andesite.	آندزیت مارالت - آندزیت برنگ قرمز تیره
		C_m^a	Greenish grey-dark grey micaceous shale and slate (MILA FORMATION)	شیل و اسلایت میکاسه برنگ خاکستری مایل به سبز تا خاکستری تیره (سازند میلا)
		C_m	Grey, thick-bedded crystallized dolomite.	دولومیت کریستالیزه ضخیم لایه برنگ خاکستری
		C_l	Dark red, cross-bedded, medium to thick-bedded quartzose sandstone (LALUN FORMATION)	ماسه سنگ کوارتز آریابت متوسط تا ضخیم لایه با چینه بندی برنگ قرمز تیره (سازند لالون)

Symbols:

نشانه ها

خط امتداد و شیب لایه
محور تاقدیس
محور تاودیس
گسل تراشی
گسل انشی
گسل فرعی
گسل احتمالی
برشگاه
برش ساختاری
مرز واحدهای چینه شناسی
مرز تدریجی واحدهای چینه شناسی
محدوده کولاب یا مردابهای ساحلی نووکاسپین پیشین
هولوکسن میانی
تاریخی
نواحی دریاچه خزر
نواحی
رسوبات مردابی و نیمه مردابی

Dips:

اندازه گیری شده
لایه با شیب کم
لایه با شیب متوسط
لایه با شیب زیاد

Measured
Gentle
Medium
Steep

امداد و شیب لایه ها

اندازه گیری شده
لایه با شیب کم
لایه با شیب متوسط
لایه با شیب زیاد

گنبد کاووس

GONBAD-E-KAVOOS

KOPET DAGH Structural Zone.

C E N O Z O I C

P L I O C E N E - Q U A T E R N A R Y

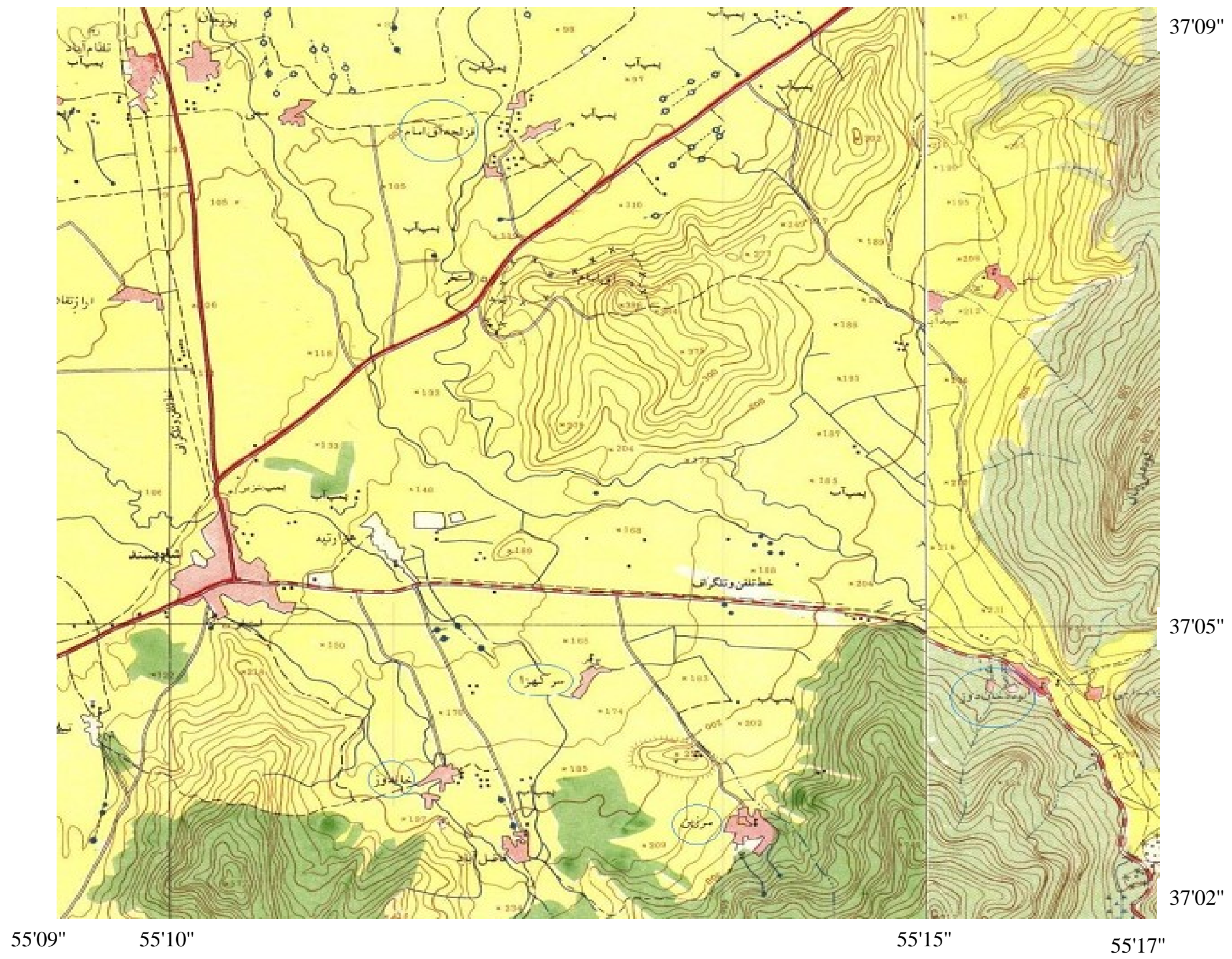
LEGEND

Q^{sc} : Silt, clay, silt.
 Q^{ch} : Channel deposits (sand, silt, gravel).
 Q^{fl} : Fluvio lacustrine deposits in shallow depression, including lake clay, silt, red.
 Q^{fm} : Local fan, wadi fan (sand, silt, gravel, clay).
 Q^e : Eolian deposits (sand, silt, clay).
 Q^{fm3} : Neo-Caspian deposits, complex of redeposited materials, coquina, sand.
 Q^{fm2} : Late neo-caspian deposits, complex of redeposited, coquina, sand.
 Q^{fm1} : Early neo-caspian deposits, coquina, sand, silt, clay.
 Q^{fb} : Flood basin and shallow depression fill deposits, salinatory grey sand, silt.
 Q^{ff1} : Fluvial and local oxbow deposits (non dissected).
 Q^{ff2} : Fluvial and overflow deposits, sand, silt, clay.
 Q^{t2} : Young terraces and gravel fan.
 Q^{te} : Fluvio, eolian and fluvial deposits, sand, silt and accessory clay.
 Q^{ff} : Fluvial deposits, sand, silt and other detritus material (dissected).
 Q^d : Deltaic deposits, sand, silt, gravels.
 Q^v : Fluvio lacustrine deposits and valley floor complexes under alternating or overlapping lacustrine and fluvial condition.
 Q^{gl} : Glacial eolian deposits (low land loess).
 Q^{gl2} : Glacial eolian deposits (ridge loess).
 Q^{gl3} : Glacial eolian deposits (high land loess).
 Q^{gl4} : Grey, thick bedded, unconsolidated sandstone and conglomerate.
 K_2^1 : White grey, thin to thick bedded limestone, marly limestone and shale.
 K_{ad} : Calcareous shale and siltstone (Abtalikh Formation).
 K_{ad} : White, cherty and marly limestone (Abderaz Formation).
 K_{at} : Green-black shale (Atamir Formation).
 K_s : Dark grey shale (Sanganch Formation).
 J_{mz} : Grey massive cherty limestone (Mozburan Formation).
 J_{cb} : Ammonite bearing thin-bedded cherty limestone (Chamanbod Formation).
 J_{sd} : Thick-bedded sandstone with plant remains and coal seams (Kashafrud Formation).
 J_{mk} : Dark grey to greenish coaly marl with interbedded sandstone.
 J_{sk} : Alternation of dark grey to greenish shale and sandstone.
 J_{k} : Homogeneous, well rounded quartzose conglomerate.

گنبد کاووس

GONBAD-E-KAVOOS

راهنمای نقشه زمین شناسی گنبد کاووس [www.ngdir.ir]



شکل ۳-۳- بزرگ شده قسمتی از نقشه توپوگرافی آزاد شهر و مینودشت به همراه محل چاه های آب [www.ngdir.ir].

۳-۶- عملیات صحرائی

پس از انجام مطالعات اولیه و بازدید مقدماتی از منطقه مطالعاتی توسط مهندسین مشاور صحراکاو، نقاط اجرای سونداژهای الکتریکی با فواصل معلوم، در جهت شمالی- جنوبی طراحی شد. عموماً سعی شده است که فاصله سونداژها بر روی خطوط برداشت مذکور، حدود ۵۰۰ متر باشد اما بر روی بعضی از خطوط برداشت، به دلیل مشکلات عملیاتی مختلف (پوشش گیاهی، شرایط نامساعد توپوگرافی، واقع شدن بعضی از نقاط بر روی زمین‌های باتلاقی و بیش از حد مرطوب و...)، فاصله سونداژها به بیشتر یا کمتر از این مقدار نیز تغییر کرده است. مختصات نقاط اجرای این سونداژها در جدول ۳-۱ آورده شده است [سازمان آب منطقه‌ای گلستان، ۱۳۷۵].

جدول ۳-۱- مختصات نقاط برداشت سونداژهای الکتریکی قائم (UTM) [سازمان آب منطقه‌ای گلستان، ۱۳۷۵].

Coordinates Sounding No.	X	Y	Z (m)	Zone
A-1	۳۴۴۴۶۱	۴۱۱۱۴۷۰	۱۸۲	۴۰S
A-2	۳۴۴۴۶۱	۴۱۱۰۴۷۰	۱۸۸	۴۰S
A-3	۳۴۴۴۶۱	۴۱۰۹۴۲۰	۲۰۵	۴۰S
A-4	۳۴۴۴۶۱	۴۱۰۸۴۲۰	۲۰۴	۴۰S
A-5	۳۴۴۴۶۱	۴۱۰۷۴۲۰	۲۱۰	۴۰S
A-6	۳۴۴۴۶۱	۴۱۰۶۹۲۰	۲۱۰	۴۰S
A-7	۳۴۴۴۶۱	۴۱۰۶۴۷۰	۲۱۰	۴۰S
A-8	۳۴۴۷۶۸	۴۱۰۶۲۱۳	۲۱۵	۴۰S
B-1	۳۴۳۴۱۱	۴۱۱۱۴۸۳	۲۴۰	۴۰S
B-2	۳۴۳۴۱۱	۴۱۱۰۴۴۰	۲۰۰	۴۰S
B-3	۳۴۳۴۱۱	۴۱۰۹۴۹۰	۱۸۸	۴۰S
B-4	۳۴۳۴۱۱	۴۱۰۸۴۹۰	۱۹۲	۴۰S
B-5	۳۴۳۴۱۱	۴۱۰۷۹۹۰	۱۸۸	۴۰S
B-6	۳۴۳۴۴۶	۴۱۰۷۴۳۴	۱۸۵	۴۰S
B-7	۳۴۳۴۱۱	۴۱۰۶۹۷۰	۱۸۷	۴۰S
B-8	۳۴۳۴۱۱	۴۱۰۶۴۷۰	۱۸۹	۴۰S
C-1	۳۴۲۴۲۷	۴۱۰۸۵۹۳	۲۴۰	۴۰S
C-2	۳۴۲۴۲۷	۴۱۰۸۰۹۳	۱۸۹	۴۰S
C-3	۳۴۲۴۲۷	۴۱۰۷۵۴۳	۱۸۹	۴۰S
C-4	۳۴۲۴۲۷	۴۱۰۷۱۴۳	۱۸۸	۴۰S
C-5	۳۴۲۴۲۷	۴۱۰۶۶۴۳	۱۸۸	۴۰S
C-6	۳۴۲۴۲۷	۴۱۰۵۶۴۳	۱۸۹	۴۰S
C-7	۳۴۲۴۲۷	۴۱۰۴۶۴۳	۲۰۵	۴۰S
C-8	۳۴۲۴۲۷	۴۱۰۳۸۹۴	۲۴۰	۴۰S
D-1	۳۴۱۲۵۸	۴۱۰۸۰۱۰	۱۸۹	۴۰S
D-2	۳۴۱۲۵۸	۴۱۰۷۵۱۰	۱۸۰	۴۰S

Coordinates Sounding No.	X	Y	Z (m)	Zone
D-3	341258	41.7.10	170	4.S
D-4	341258	41.6460	160	4.S
D-5	341335	41.6024	165	4.S
D-6	341434	41.5515	170	4.S
D-7	341434	41.4988	174	4.S
D-8	341434	41.4016	185	4.S
D-9	341434	41.3016	220	4.S
E-1	34.468	41.7379	195	4.S
E-2	34.468	41.6879	190	4.S
E-3	34.468	41.6379	177	4.S
E-4	34.526	41.5885	167	4.S
E-5	34.418	41.5479	175	4.S
E-6	34.418	41.5004	180	4.S
E-7	34.548	41.4172	185	4.S
E-8	34.355	41.3165	220	4.S
E-9	34.294	41.2668	230	4.S
F-1	339067	411.406	105	4.S
F-2	339217	41.9962	110	4.S
F-3	339217	41.8962	120	4.S
F-4	339278	41.8466	133	4.S
F-5	339278	41.7916	140	4.S
F-6	339278	41.7316	145	4.S
F-7	339278	41.6836	150	4.S
F-8	339339	41.6340	160	4.S
F-9	339465	41.5813	170	4.S
F-10	339465	41.5363	180	4.S
G-1	337667	411.323	105	4.S
G-2	338.57	41.9876	108	4.S

Coordinates Sounding No.	X	Y	Z (m)	Zone
	G-3	۳۳۸۰۰۹	۴۱۰۹۳۸۳	۱۱۳
G-4	۳۳۸۱۶۵	۴۱۰۸۹۱۴	۱۱۸	۴۰S
G-5	۳۳۸۳۲۹	۴۱۰۸۴۶۲	۱۲۵	۴۰S
G-6	۳۳۸۳۲۹	۴۱۰۷۶۱۲	۱۳۵	۴۰S
G-7	۳۳۸۳۲۹	۴۱۰۷۱۱۲	۱۳۸	۴۰S
G-8	۳۳۸۳۲۹	۴۱۰۶۶۶۲	۱۴۰	۴۰S
G-9	۳۳۸۳۵۲	۴۱۰۶۲۲۳	۱۴۵	۴۰S
G-10	۳۳۸۳۵۲	۴۱۰۵۷۲۳	۱۵۰	۴۰S

برای اجرای سونداژهای مقاومت ویژه الکتریکی در این منطقه، آرایش الکترودی شلومبرژه که متداولترین آرایش مورد استفاده در عملیات سونداژزنی می‌باشد، انتخاب شده است. از مزایای آرایش شلومبرژه این است که چون الکترودهای پتانسیل حداقل برای چندین طول AB ثابت مانده و جابجا نمی‌شوند، صرفه‌جویی قابل توجهی در زمان و همچنین مصرف کابل و سایر لوازم ایجاد می‌شود. با اندازه‌گیری مقادیر مقاومت ویژه به ازای طول معین از فاصله الکترودی و با دو مقدار متفاوت MN در سونداژزنی با آرایش شلومبرژه، می‌توان به اثر تغییرات سطحی و جانبی مقاومت ویژه در منطقه مورد مطالعه پی برده و آن را از تغییرات عمقی مقاومت ویژه تفکیک نمود. برای اندازه‌گیری مقاومت ویژه در هر منطقه، با نصب دستگاه مقاومت‌سنج و ارسال جریان به داخل زمین، مقادیر مقاومت الکتریکی قرائت و با استفاده از معادله (۱-۱) به مقاومت ویژه الکتریکی تبدیل می‌شوند [حجت، ۱۳۸۲].

مقادیر مقاومت ویژه حاصل از سونداژهای الکتریکی اجرا شده بر روی خطوط برداشت A تا G در منطقه مخروط افکنه خرمالو، در پیوست شماره ۱ ارائه شده است [سازمان آب منطقه‌ای گلستان، ۱۳۷۵].

فصل چهارم

مدل سازی و تفسیر یک بعدی داده‌های

صحرائی

در فصل‌های قبل، مشخصات منطقه مورد مطالعه و هدف از برداشت‌های ژئوالکتریک، به همراه چگونگی طراحی شبکه نقاط اندازه‌گیری، مورد بحث قرار گرفت. در این فصل، به مدل سازی و تفسیر یک‌بعدی داده‌های صحرایی پرداخته و نتایج حاصل، همراه با جداول مربوطه، ارائه می‌شود.

هدف از تفسیر داده‌های حاصل از سونداژنی الکتریکی قائم در یک منطقه، به دست آوردن یک تصویر یا مدل ژئوالکتریک قابل قبول و منطقی است که با نتایج مطالعات زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی آن منطقه مطابقت داشته باشد.

در ابتدا ممکن است برای به دست آوردن یک تصویر عمومی از منطقه مورد مطالعه، تفسیر به صورت کیفی انجام پذیرد. در تفسیر کیفی، تغییرات مقاومت ویژه ظاهری به دست آمده از نقشه‌ها و مقاطع مربوط به آن، مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. برای به دست آوردن مدل واقعی از زمین، تفسیر باید به صورت کمی انجام پذیرد. در تفسیر کمی از داده‌های خام (مقادیر مقاومت ویژه ظاهری)، یک سری پارامترهای فیزیکی شامل مقاومت ویژه واقعی و ضخامت لایه‌ها تعیین می‌شوند. برای به دست آوردن تفسیر دقیق‌تر، باید نتایج حاصله را با سایر داده‌های حاصل از زمین‌شناسی، حفاری و غیره تلفیق نمود [Reynolds, 1997].

در تفسیر کمی، برای به دست آوردن مقادیر مقاومت ویژه حقیقی و ضخامت لایه‌ها، از منحنی‌های استاندارد و نرم افزارهای VES و Ipi2win استفاده شده است. منحنی‌های سونداژ الکتریکی در ابتدا با استفاده از منحنی‌های استاندارد یا سرمنحنی‌های دولایه‌ای و منحنی‌های کمکی و سپس با استفاده از نرم افزارهای کامپیوتری مذکور، مورد تفسیر قرار گرفته‌اند. معمولاً داده‌های خام به دست آمده از سونداژهای الکتریکی، بر روی یک منحنی با محورهای لگاریتمی ارائه می‌شوند. در این محورها، مقدار ρ_a به صورت تابعی از طول $AB/2$ رسم می‌شود.

با استفاده از سیستم محورهای لگاریتمی، تفسیر نتایج به کمک منحنی‌های استاندارد یا آباک‌ها آسان‌تر می‌گردد [Reynolds, 1997].

۲-۴- تفسیر کیفی سونداژهای الکتریکی

به طور کلی، آنچه که در تعبیر و تفسیر کیفی یک منحنی سونداژ الکتریکی مورد توجه قرار می‌گیرد، نقاط ماکزیمم و مینیمم بر روی این منحنی است. وجود هر ماکزیمم یا مینیمم بر روی منحنی (برای طبقات افقی)، می‌تواند معرف وجود یک لایه با مقاومت ویژه متفاوت باشد. البته باید در نظر داشت که این قاعده، کلی نیست و برای آنکه یک لایه بتواند خود را بر روی منحنی نشان دهد، باید دارای ضخامت کافی و تباین مقاومت ویژه^۱ مناسب با طبقات مجاورش باشد. نکته قابل توجه، شناخت منحنی‌های سونداژ الکتریکی برای حالت‌های مختلف است. برای افراد با تجربه، تغییر شیب منحنی، قسمت‌های بالارونده و پایین‌رونده و مسائلی از این قبیل می‌تواند هر یک شامل اطلاعات کیفی در رابطه با تغییرات مقاومت ویژه در یک منطقه باشد [حجت، ۱۳۸۲].

۳-۴- تفسیر کمی سونداژهای الکتریکی

مجموعه وسیعی از منحنی‌های استاندارد (آباک‌ها) برای طبقات افقی دو تا چهار لایه‌ای تهیه شده‌اند. این منحنی‌های سونداژ الکتریکی به صورت گروه‌هایی طبقه‌بندی شده‌اند و در نتیجه می‌توان به راحتی، منحنی‌های استاندارد را که مشابه منحنی سونداژ الکتریکی به دست آمده می‌باشند، مشخص نمود و مشخصات لایه‌های مربوط به سونداژ مذکور را تعیین کرد. برای اینکه یک منحنی سونداژ الکتریکی، منحصرأ مربوط به طبقات افقی باشد، باید شرایط ذیل برای آن صادق باشد:

^۱ Resistivity Contrast

۱- شیب قسمت بالارونده منحنی نباید از ۴۵ درجه بیشتر باشد.

۲- شعاع انحنای منحنی در نزدیکی نقطه ماکزیمم آن نباید از حد معینی کوچکتر باشد (این مقدار تقریباً برابر با نسبت ۲ در مقیاس لگاریتمی انتخاب شده می‌باشد).

۳- در خصوص شیب قسمت پایین‌رونده منحنی سونداژ الکتریکی و شعاع انحنای آن در نزدیکی نقطه مینیمم، محدودیت‌هایی مانند قسمت‌های ۱ و ۲ و حتی شدیدتر وجود دارد.

بعد از مشخص شدن اینکه منحنی سونداژ الکتریکی مربوط به طبقات افقی می‌باشد، تعیین مشخصات لایه سطحی به سادگی امکان‌پذیر است. برای این کار می‌توان از منحنی‌های استاندارد (برای دو لایه) استفاده کرد. بجانب منحنی برای مقادیر کوچک فاصله الکترودی، مشخص کننده مقاومت ویژه لایه اول است اما برای تعیین مشخصات این لایه، منحنی آن لایه بر منحنی استاندارد مربوطه منطبق می‌گردد. تقاطع محورهای افقی و قائم منحنی استاندارد را روی کاغذ لگاریتمی که منحنی سونداژ الکتریکی روی آن رسم شده با علامت (+) مشخص نموده و مختصات این نقطه را به دست می‌آوریم. طول این نقطه معادل با ضخامت و عرض آن معادل با مقاومت ویژه لایه اول می‌باشد [Mooney, 1980].

برای تعیین مشخصات لایه دوم، در صورتی که زمین مورد مطالعه فقط از دو لایه تشکیل شده باشد (ضخامت لایه دوم بی‌نهایت زیاد باشد)، منحنی سونداژ الکتریکی به سمت مقاومت ویژه حقیقی لایه دوم بجانب می‌شود. در صورت وجود بیش از دو لایه، حتی اگر تباین مقاومت ویژه لایه دوم با لایه‌های اول و سوم زیاد باشد، منحنی سونداژ الکتریکی به مقدار حقیقی مقاومت ویژه لایه دوم نمی‌رسد. در این حالت، با استفاده از منحنی‌های کمکی و با تطبیق جزء به جزء آن‌ها با منحنی سونداژ الکتریکی، می‌توان مشخصات لایه‌ها را به راحتی تعیین نمود [Telford et al, 1990].

ارزیابی یک منحنی سونداژ الکتریکی ممکن است چندین پاسخ هم‌ارز داشته باشد. وظیفه متخصصین ژئوفیزیک، انتخاب نتیجه‌ای است که بهترین تطابق را با ساختارهای زمین‌شناسی و

هیدروژنولوژیکی شناخته شده در منطقه داشته باشد. راه دیگر برای انتخاب نتیجه مناسب، مقایسه پاسخ هر سونداژ با سونداژ مجاور است. باید امکان وصل کردن نشانه‌های یک لایه در یک عمق اندازه-گیری شده توسط یک سونداژ به نشانه‌های عمقی مربوطه در سونداژ بعدی، به نحوی که یک مقطع صحیح و منطقی (از نظر زمین‌شناسی) به دست آید، وجود داشته باشد. در سونداژزنی (همانند حفاری با مغزه‌گیری) می‌توان مرز و یا ضخامت لایه‌های مجاور را ثبت کرد. با این تفاوت که در اینجا به جای سنگ‌شناسی، مقاومت ویژه ظاهری لایه‌ها ارائه می‌گردد [Vogelsang , 1995].

۴-۴- تفسیر سونداژهای الکتریکی برداشت شده در منطقه مخروط افکنه خرمالو

برای به دست آوردن اطلاعات مورد نظر از منطقه مورد مطالعه، ۶۲ سونداژ الکتریکی که موقعیت آن‌ها در شکل ۳-۱ نشان داده شده است، برداشت شد. در ابتدا، کلیه سونداژهای الکتریکی برداشت شده را با کمک منحنی‌های استاندارد تفسیر نموده و سپس با استفاده از نرم افزارهای VES و IPI2win نیز این منحنی‌ها مورد تفسیر قرار گرفته و نتایج حاصل با هم مقایسه شده است. قابل ذکر است که با توجه به مقادیر هدایت ویژه الکتریکی (EC) و مقدار کل مواد جامد حل شده در آب (TDS) به دست آمده از چاه‌های آب موجود در منطقه مورد مطالعه (TDS و EC به ترتیب در حدود ۸۰۰ میلی گرم بر لیتر و ۱۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر هستند) که در فصل ششم ارائه می‌گردد، مقاومت ویژه لایه آبدار به طور متوسط برابر با ۴۰-۳۰ اهم متر در نظر گرفته شده است.

در این قسمت، نتایج مدل‌های به دست آمده از تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژ مقاومت ویژه الکتریکی توسط منحنی‌های استاندارد (تفسیر دستی) و نرم افزارهای VES و IPI2win برای سونداژ A-1 به عنوان نمونه آورده شده است و نتایج تفسیر تمامی سونداژها در پیوست شماره ۲ ارائه شده است.

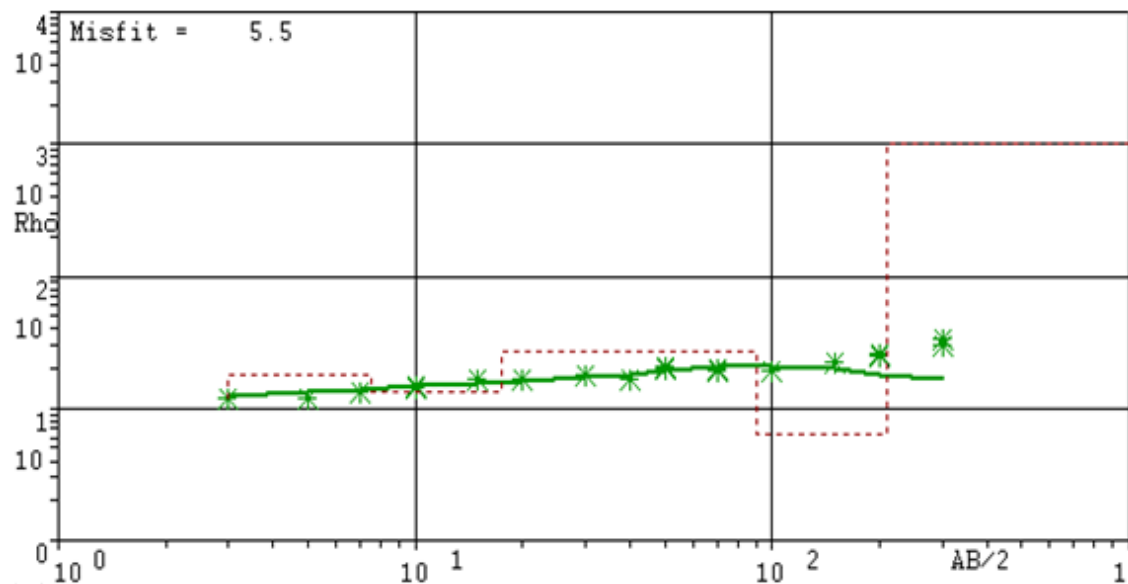
۴-۵- سونداژ الکتریکی A-1

خط برداشت A شرقی‌ترین خط برداشت موجود در منطقه مورد مطالعه است (شکل ۳-۱) سونداژ الکتریکی A-1 شمالی‌ترین سونداژ موجود بر روی این خط برداشت می‌باشد. در زیرمحل این سونداژ با توجه به جدول ۴-۱، که نتایج حاصل از تفسیر سونداژ A-1 را نشان می‌دهد، وجود ۶ لایه قابل تشخیص است.

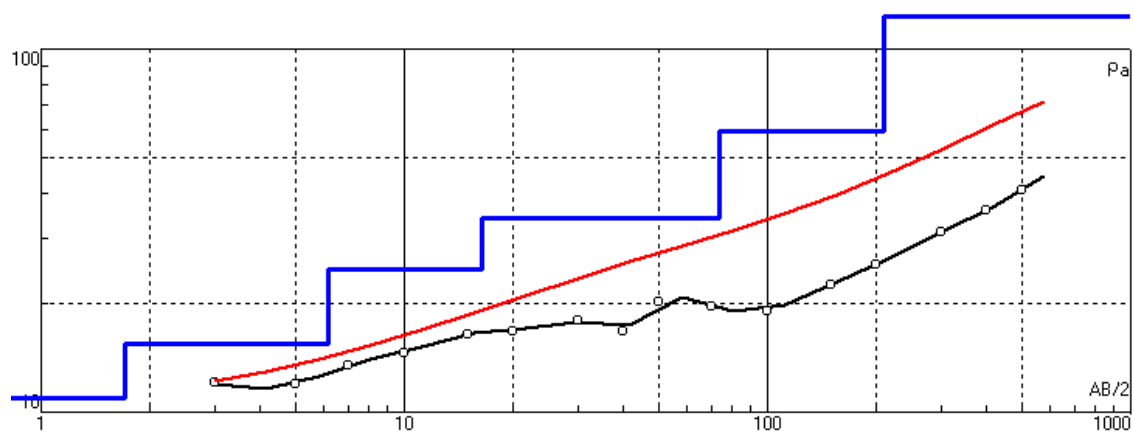
همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد، وجود رسوبات احتمالاً رسی باعث کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی در این منطقه شده است. در مورد این سونداژ، لایه چهارم به عنوان لایه آبدار تفسیر می‌گردد. این لایه در عمق تقریبی ۱۶-۱۸ متری قرار دارد و ضخامت آن ۶۰-۷۳ متر برآورد گردیده است. با توجه به اطلاعات چاه‌های آب موجود در منطقه که در عمق ۱۳ متری به آب زیرزمینی برخورد کرده است نتیجه تفسیر این سونداژ به طور تقریبی با اطلاعات چاه‌های آب در منطقه مطابقت دارد.

جدول ۴-۱- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ A-1 با استفاده از روش‌های مختلف

تفسیر با نرم افزار Ip12win RMS error= 2.76 %		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 5.5		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		مشخصات
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	
۱/۷	۱۰/۵	۳	۱۲	۳	۱۲	لایه اول
۵/۲	۱۶/۹	۴/۵	۱۸	۴/۵	۱۸	لایه دوم
۹/۲	۲۵/۳	۱۰	۱۳/۵	۱۰	۲۷	لایه سوم
۶۰/۴	۳۴/۵	۷۲/۵	۲۶/۹	۷۲/۵	۳۳/۷	لایه چهارم
۱۳۰	۶۲/۵	۱۲۰	۶۰/۳	۱۲۰	۶۷/۵	لایه پنجم
-	۳۲۴	-	۴۰۴	-	۳۳۷	لایه ششم



شکل ۴-۱- مدل منطبق شده بر داده های سونداژ A-1 با استفاده از نرم افزار VES



شکل ۴-۲- مدل ارائه شده بر داده های سونداژ A-1 با استفاده از نرم افزار Ip2win

بر اساس بررسی های انجام شده بر روی ۶۲ سونداژ اشاره شده، در زیر محل برخی از سونداژ ها لایه آبداری با عمق و ضخامت متفاوت تفسیر شده است که در جدول شماره ۴-۲ آورده شده است.

جدول ۴-۲- نام سونداژ و مشخصات لایه آبدار تفسیر شده در زیر محل سونداژ مورد نظر

نام سونداژ	تعداد لایه	شماره لایه آبدار	مقاومت ویژه لایه آبدار ($\Omega.m$)	ضخامت لایه آبدار (m)
A-1	۶	۴	۳۴	۶۰-۷۳
A-3	۵	۴	۴۳	۶۰-۶۵
B-1	۵	۴	۴۱	۸۰-۸۵
B-2	۶	۴	۳۵	۶۸-۷۲
B-3	۵	۴	۳۷	۹۰-۹۷
C-6	۶	۳	۳۳	۱۴-۱۶
D-6	۶	۳	۴۰	۳۴-۳۶
D-7	۶	۳	۴۰	۱۲
D-8	۵	۳	۳۰	۲۰-۲۳
E-1	۷	۳	۳۵	۱۴-۱۶
E-2	۵	۳	۳۸	۴-۶
E-6	۷	۴	۳۸	۱۶-۱۹
E-8	۵	۳	۳۸	۲۲-۲۳
E-9	۴	۳	۳۲	۷۲
F-1	۵	۳	۴۰	۳-۵
F-2	۵	۳	۳۲	۷-۹
F-9	۵	۴	۳۳	۱۵۰-۱۶۰
F-10	۶	۵	۳۸	۵۳-۵۵
G-3	۶	۳	۳۱	۱۱-۱۳
G-4	۵	۳	۳۲	۱۵-۱۷
G-6	۶	۴	۳۱	۵۵-۵۸
G-8	۵	۳	۳۰	۱۰-۱۴
G-10	۶	۳	۳۷	۱۰-۱۳

۴-۶- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از تفسیر یک‌بعدی منحنی‌های سونداژ الکتریکی می‌توان دریافت که در بخش‌های میانی منطقه مورد نظر، مقاومت ویژه لایه‌های سطحی بیشتر است و لایه‌های آبدار عمیق‌تر می‌باشند. علت این امر، وجود ارتفاعات واقع در نزدیکی بخش‌های مذکور می‌باشد.

در سایر بخش‌های منطقه، مقاومت ویژه لایه‌های سطحی کمتر علت کم‌تر بودن مقاومت ویژه لایه‌های سطحی در این بخش‌ها، وجود رس نسبتاً بالا در رسوبات است.

فصل پنجم

مدل سازی و تفسیر دوبعدی و ارائه تصویر مقاومت
ویژه سه بعدی داده‌های سونداژ الکتریکی

۵-۱- مقدمه

در فصل قبل، نحوه تفسیر کیفی و کمی داده‌های سونداژ الکتریکی به طور مختصر مورد بررسی قرار گرفت. همچنین نتایج حاصل از تفسیر یک بعدی ۶۲ منحنی سونداژ به دست آمده از داده‌های صحرائی ارائه و مورد بحث قرار گرفت. در این فصل، به تفسیر دوبعدی این داده‌ها پرداخته و نتایج حاصل، ارائه شده است.

یکی از محدودیت‌های روش سونداژزنی مقاومت ویژه، عدم پاسخ مناسب آن به تغییرات افقی مقاومت ویژه الکتریکی در زیر سطح زمین است. با مدل‌سازی دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی، می‌توان تصویر دقیق‌تری را از تغییرات آن، هم در امتداد قائم و هم در امتداد افقی، در طول خط بررسی تهیه نمود. در اکثر مواقع، خصوصاً در هنگام بررسی ساختارهای طویل زمین‌شناسی، این روش مدل‌سازی، روشی مناسب و منطقی می‌باشد [حجت، ۱۳۸۲].

برای تفسیر دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی، نقشه‌های هم‌مقاومت ویژه ظاهری به ازای طول‌های معین از فاصله الکترودی، با استفاده از نرم افزار Surfer تهیه گردیده است. همچنین با استفاده از نرم افزار IpI2win، شبه مقاطع دوبعدی مقاومت ویژه ظاهری، در طول هر پروفیل تهیه شده و مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. در نهایت، به کمک نرم افزار Res2dinv، شبه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری در طول هر پروفیل تهیه گردیده است.

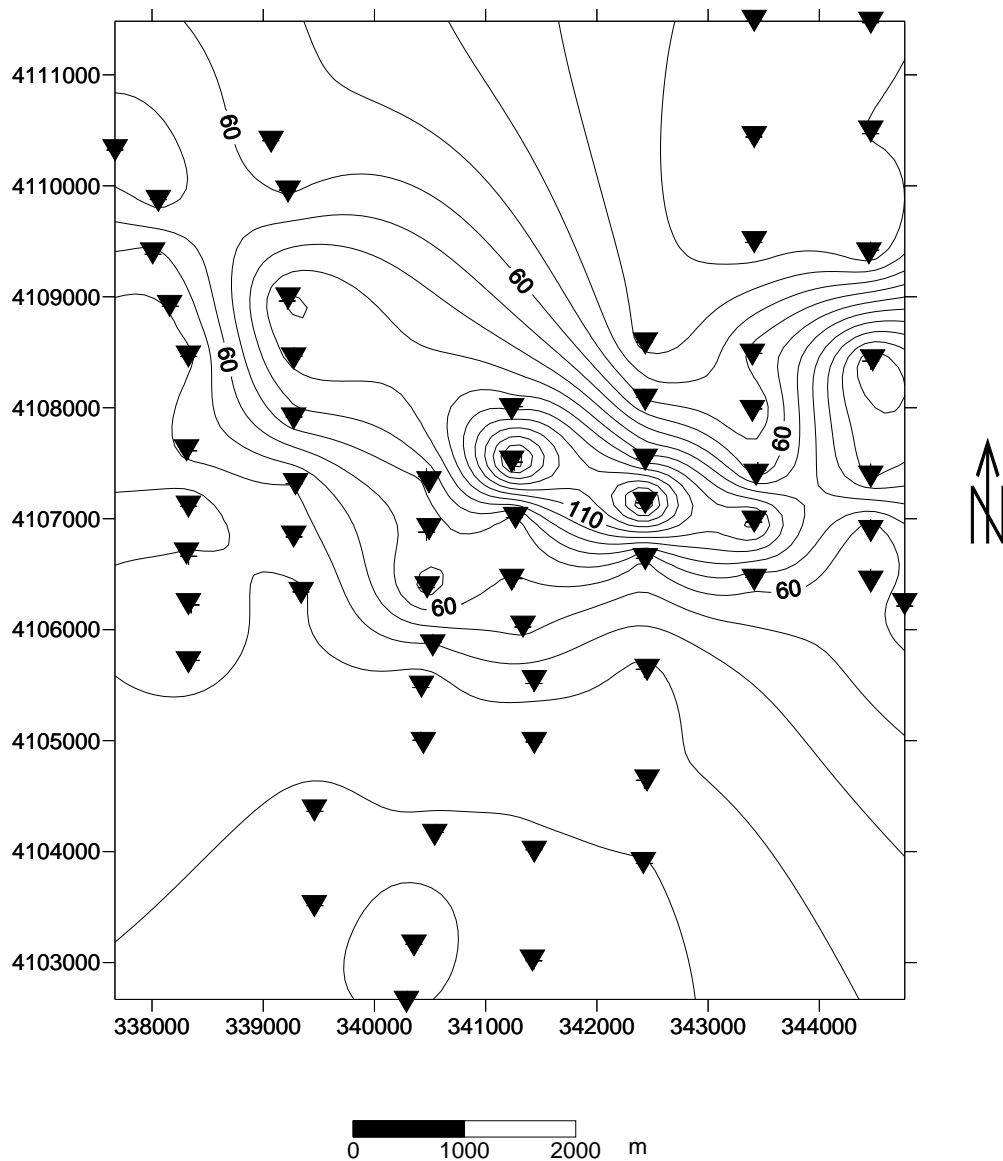
۵-۲- نقشه‌های هم‌مقاومت ویژه ظاهری

به منظور بررسی وضعیت تغییرات مقاومت ویژه ظاهری لایه‌ها در اعماق مختلف، نقشه‌های توزیع مقاومت ویژه ظاهری با استفاده از نرم افزار Surfer تهیه شده است. این نقشه‌ها که مشخص کننده چگونگی تغییرات مقاومت ویژه ظاهری به ازای طول‌های معین از فاصله الکترودی می‌باشند، تغییرات

عمومی مقاومت ویژه الکتریکی در منطقه و در یک عمق معین که با فاصله الکترودی مورد نظر متناسب است را نشان می‌دهند. این نقشه‌ها باید به گونه‌ای تهیه شوند که پاسخگوی ابهامات موجود باشند.

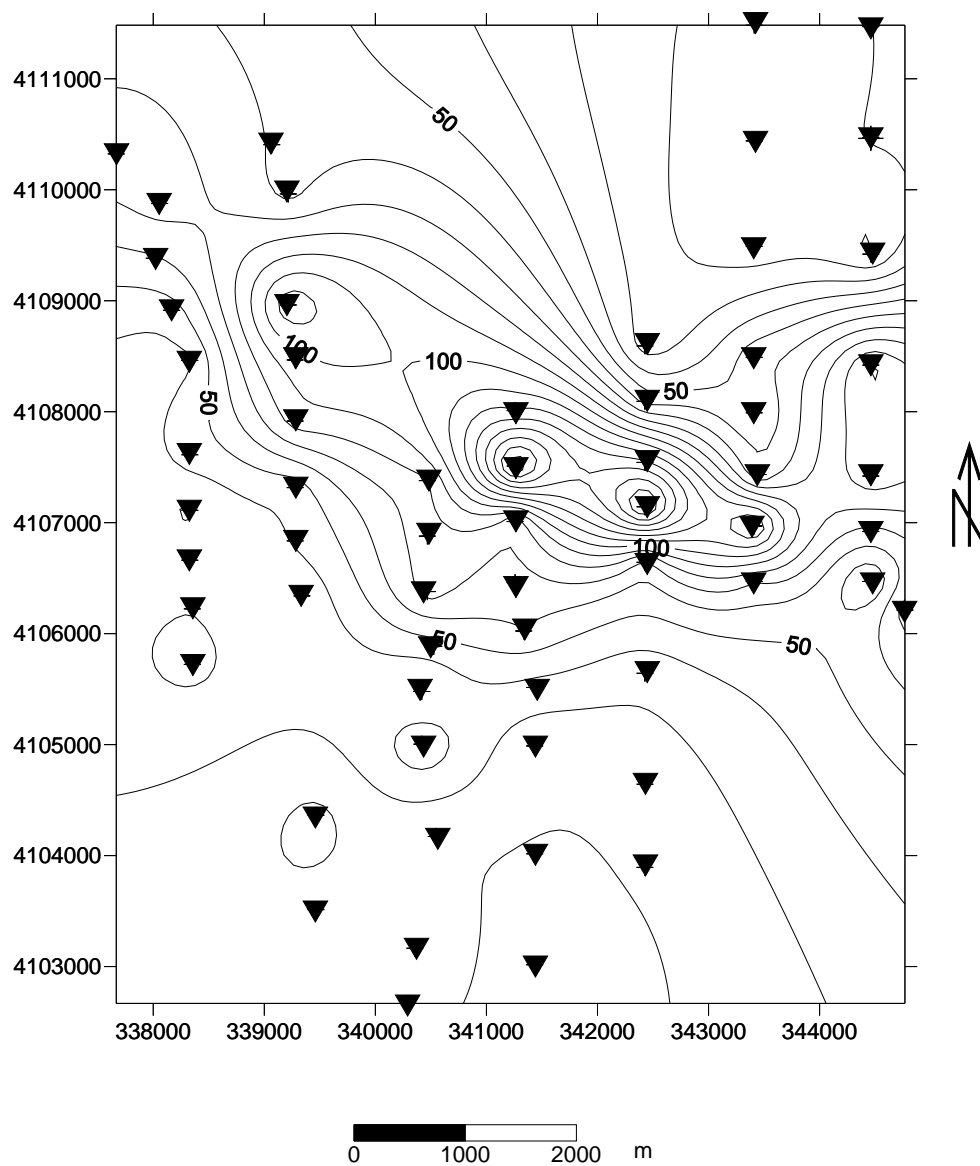
نقشه‌ها یا مقاطع افقی هم مقاومت ویژه ظاهری در منطقه مورد مطالعه، برای فواصل الکترودی $AB/2 = 40, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 400, 500$ m به ترتیب در شکل‌های ۵-۱ تا ۵-۱۰ ارائه شده است که در ادامه به بررسی آنها پرداخته می‌شود.

همان‌طور که نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری برای عمق متناظر با فاصله الکترودی $AB/2 = 40 \text{ m}$ نشان می‌دهد (شکل ۵-۱)، مقادیر مقاومت ویژه در قسمت میانی منطقه نسبتاً بالاست، ولی در بقیه بخش‌های منطقه پایین‌تر است. این پدیده را می‌توان به ضخامت بیشتر سنگ بستر نسبتاً مقاوم در قسمت‌های میانی و نزدیک به ارتفاعات منطقه مورد مطالعه نسبت داد. اما در سایر بخش‌های منطقه هدایت ویژه بالاتر است که دلیل آن وجود رسوبات احتمالاً رسی آبدار در این مناطق می‌باشد.

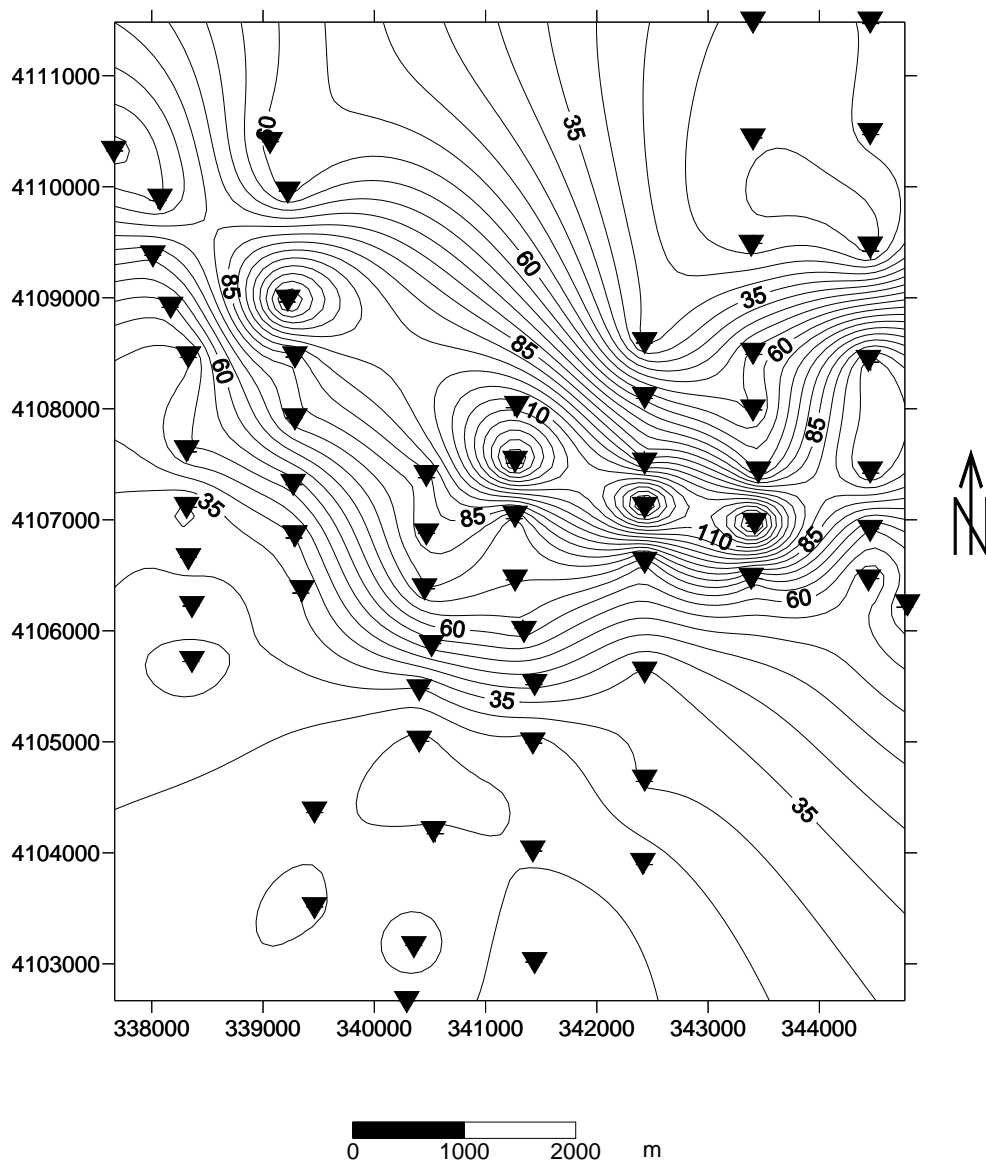


شکل ۵-۱- نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $AB/2 = 40 \text{ m}$

تفاوت نسبتاً کم مقاطع هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $AB/2 = 50 \text{ m}$ با دو مقدار متفاوت برای MN (شکل‌های ۲-۵ و ۳-۵)، بیانگر عدم وجود ناهمگنی و یا تغییرات جانبی مقاومت ویژه الکتریکی در عمق متناظر با این فاصله الکترودی در منطقه مورد مطالعه است. در هر صورت، هر دو مقطع نشان دهنده زمینی نسبتاً مقاوم در قسمت میانی منطقه در افق مورد نظر می‌باشند.

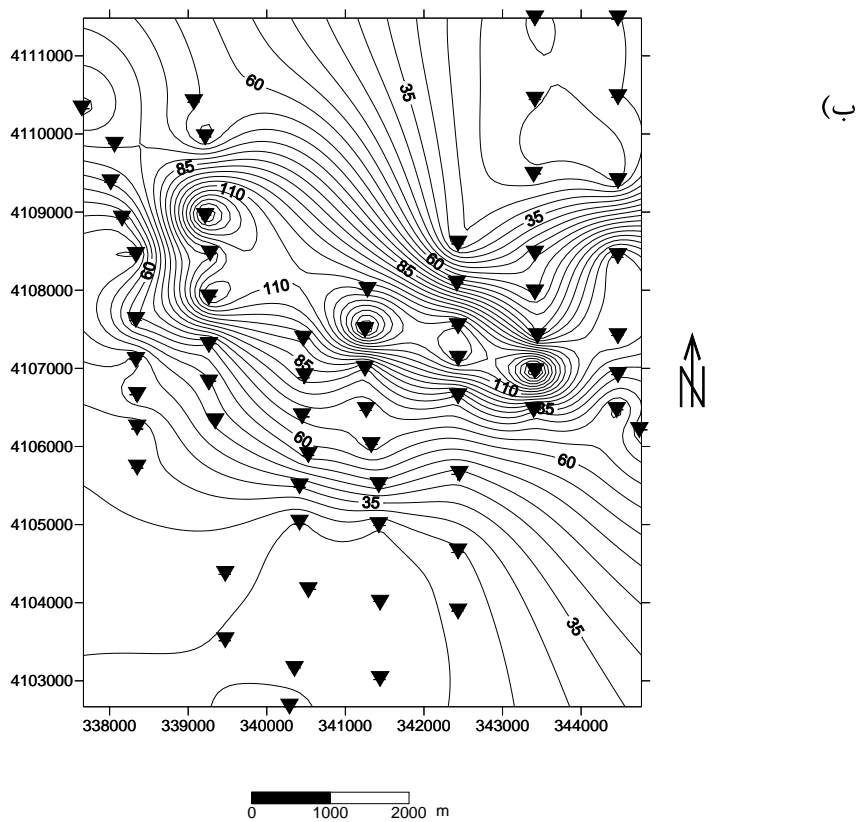
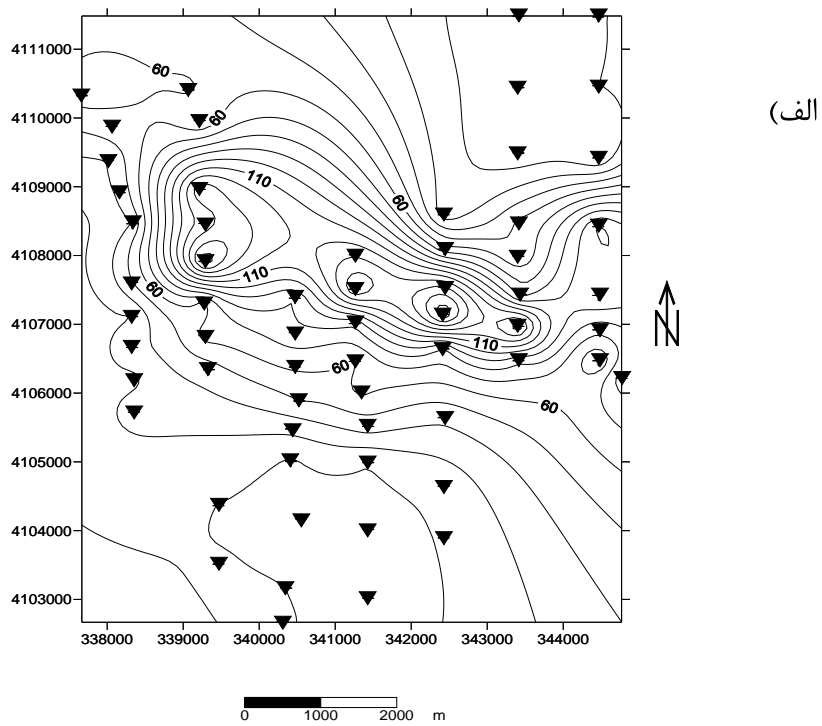


شکل ۲-۵- نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $AB/2 = 50 \text{ m}$ و $MN = 5 \text{ m}$



شکل ۵-۳- نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $MN=20\text{ m}$ و $AB/2=50\text{ m}$

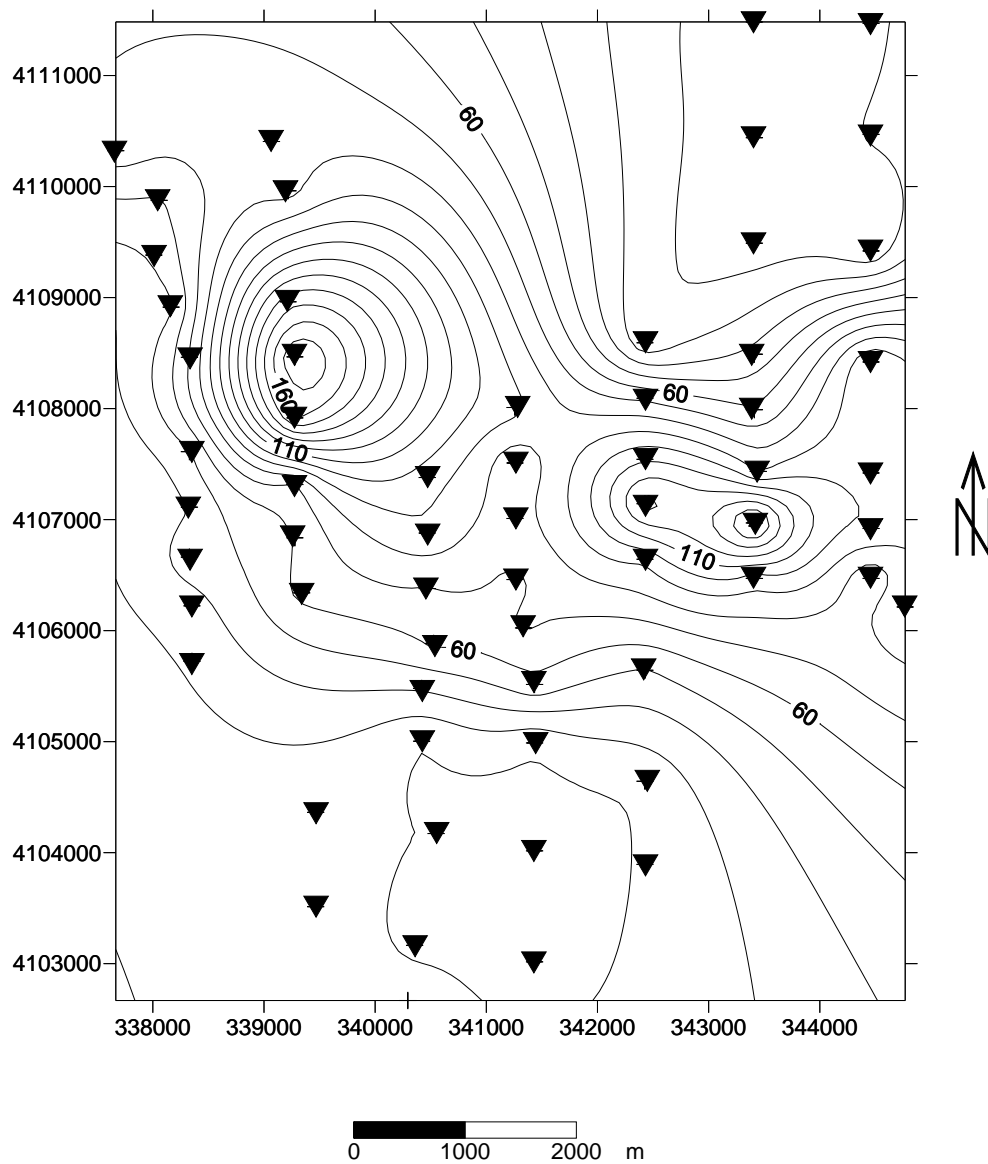
تفاوت نسبتاً کم مقاطع هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $AB/2=70\text{ m}$ با دو مقدار متفاوت برای MN (شکل ۵-۴)، بیانگر عدم وجود ناهمگنی و یا تغییرات جانبی مقاومت ویژه الکتریکی در عمق متناظر با این فاصله الکترودی در منطقه مورد مطالعه است. نکته قابل توجه، افزایش تدریجی مقادیر مقاومت ویژه الکتریکی در شمال منطقه می‌باشد. همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد، این پدیده را می‌توان به ضخامت زیاد سنگ بستر نسبت داد.



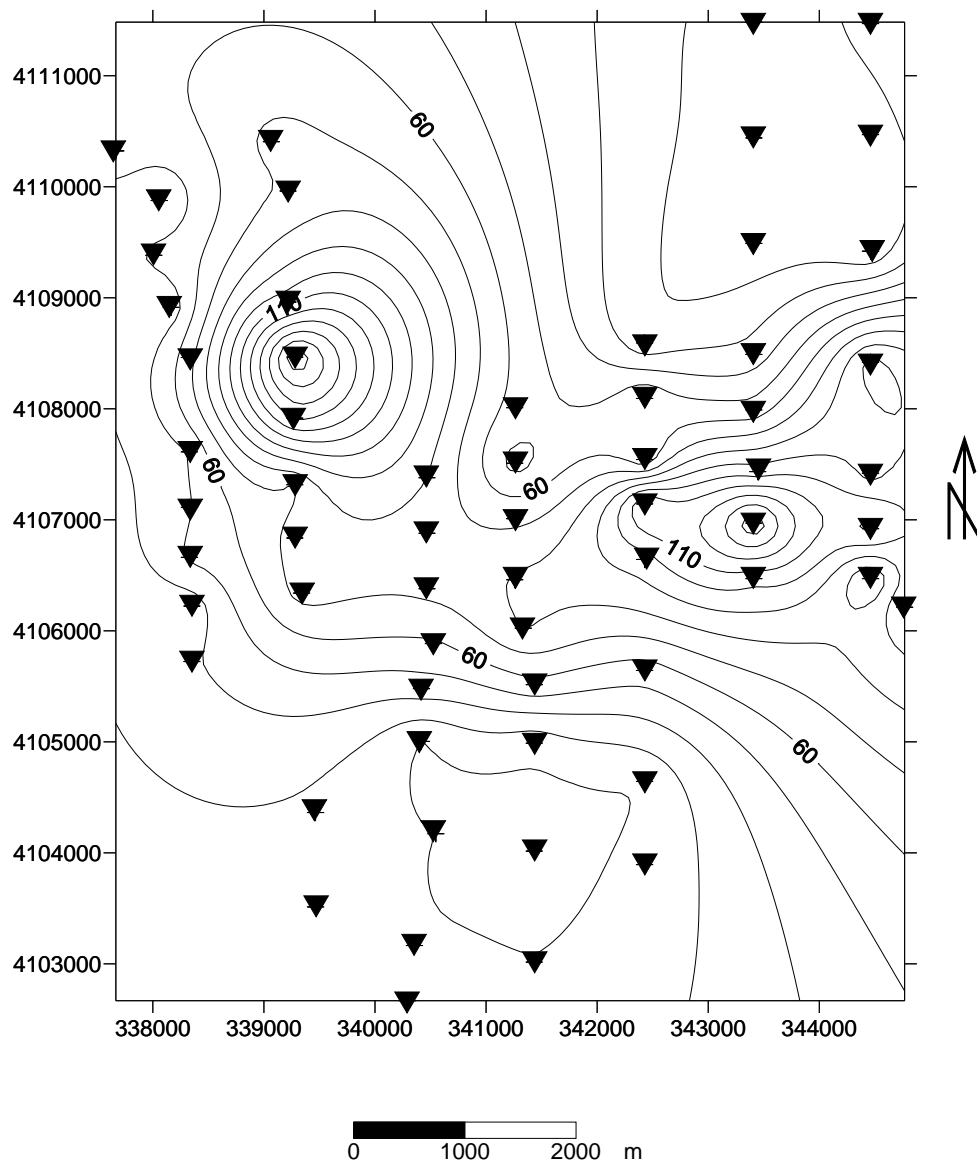
شکل ۵-۴- نقشه‌های هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $AB/2 = 70 \text{ m}$ با دو مقدار متفاوت

الف) $MN = 5 \text{ m}$ و ب) $MN = 20 \text{ m}$

مقاطع هم مقاومت ویژه ظاهری متناظر با فواصل الکترودی $AB/2 = 100, 150 \text{ m}$ (شکل‌های ۵-۵ و ۶-۵) نیز همانند قبل، مقادیر مقاومت ویژه بالایی را در قسمت‌های میانی و شمال منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهند. مقادیر مقاومت ویژه پایین در قسمت‌های جنوبی منطقه مورد مطالعه را می‌توان به وجود لایه‌های رسی آبدار با هدایت ویژه بالا در این بخش‌ها نسبت داد.

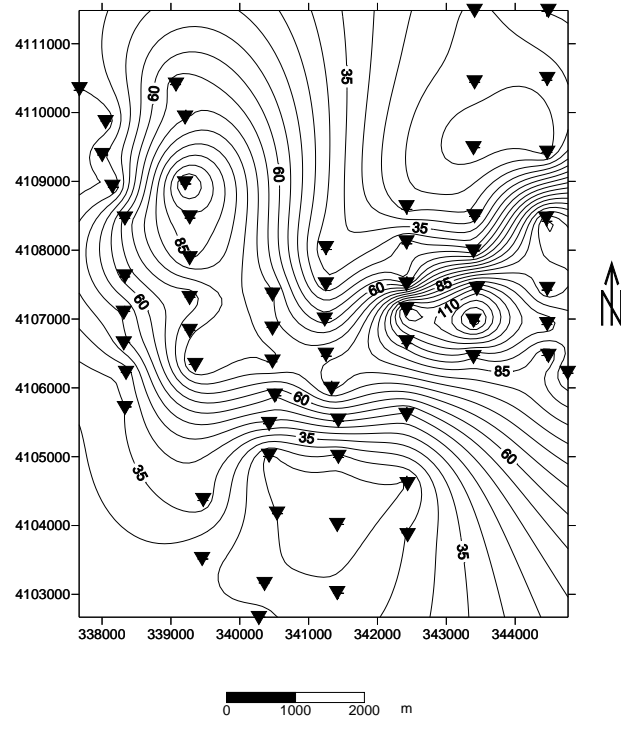


شکل ۵-۵- نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $AB/2 = 100 \text{ m}$

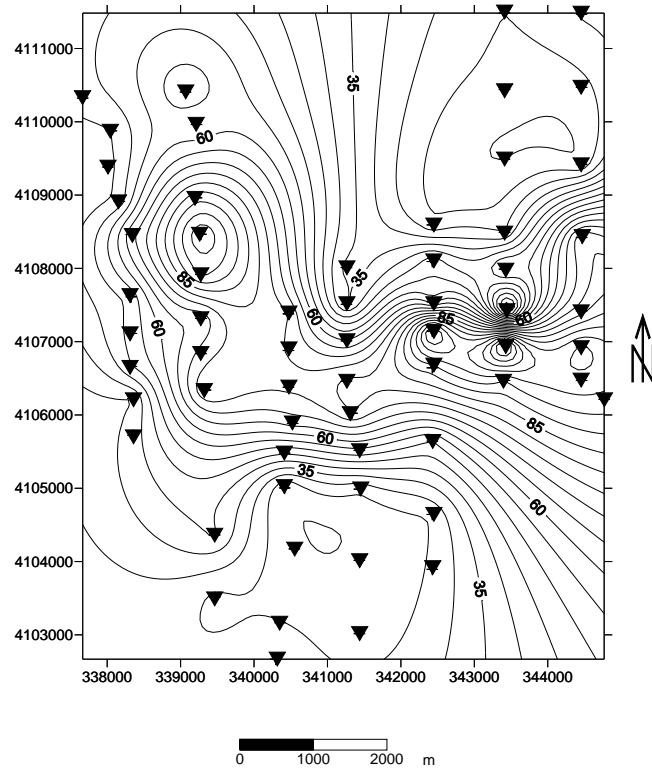


شکل ۵-۶- نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $AB/2= 150\text{ m}$

تفاوت نسبتاً کم مقاطع هم مقاومت ویژه ظاهری برای فواصل الکترودی $AB/2= 200, 300\text{ m}$ با دو مقدار متفاوت برای MN (شکل‌های ۵-۷ و ۵-۸)، بیانگر عدم وجود ناهمگنی و یا تغییرات جانبی مقاومت ویژه الکتریکی در عمق متناظر با این فواصل الکترودی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در هر صورت، مشابه مقاطع قبلی، هر دو مقطع نشان دهنده زمینی نسبتاً مقاوم در قسمت میانی و شمال و شمال شرق منطقه مورد مطالعه، در افق‌های مورد نظر می‌باشند.



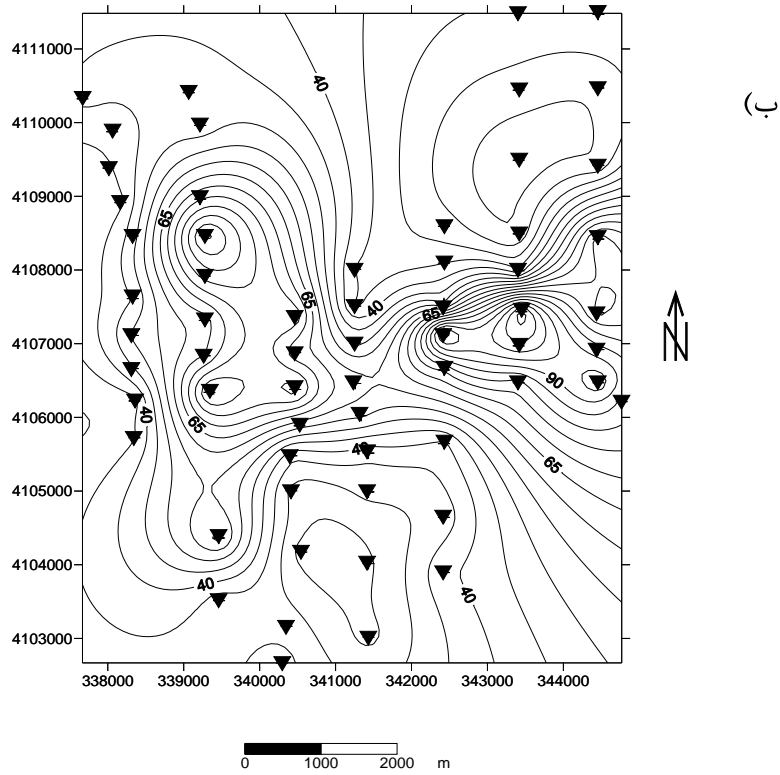
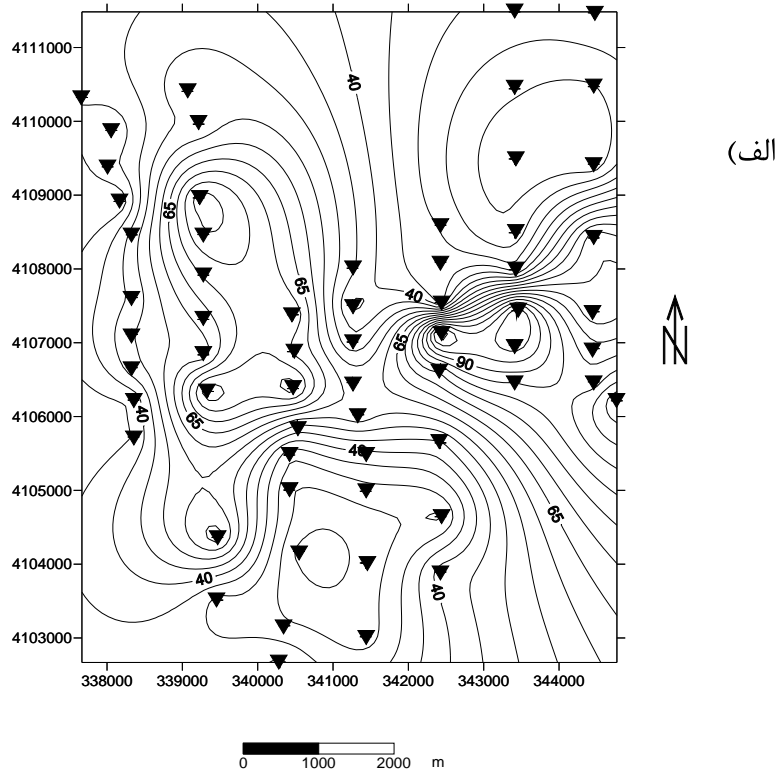
(الف)



(ب)

شکل ۵-۷- نقشه‌های هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $AB/2 = 200$ m با دو مقدار متفاوت

الف) $MN = 20$ m و ب) $MN = 80$ m



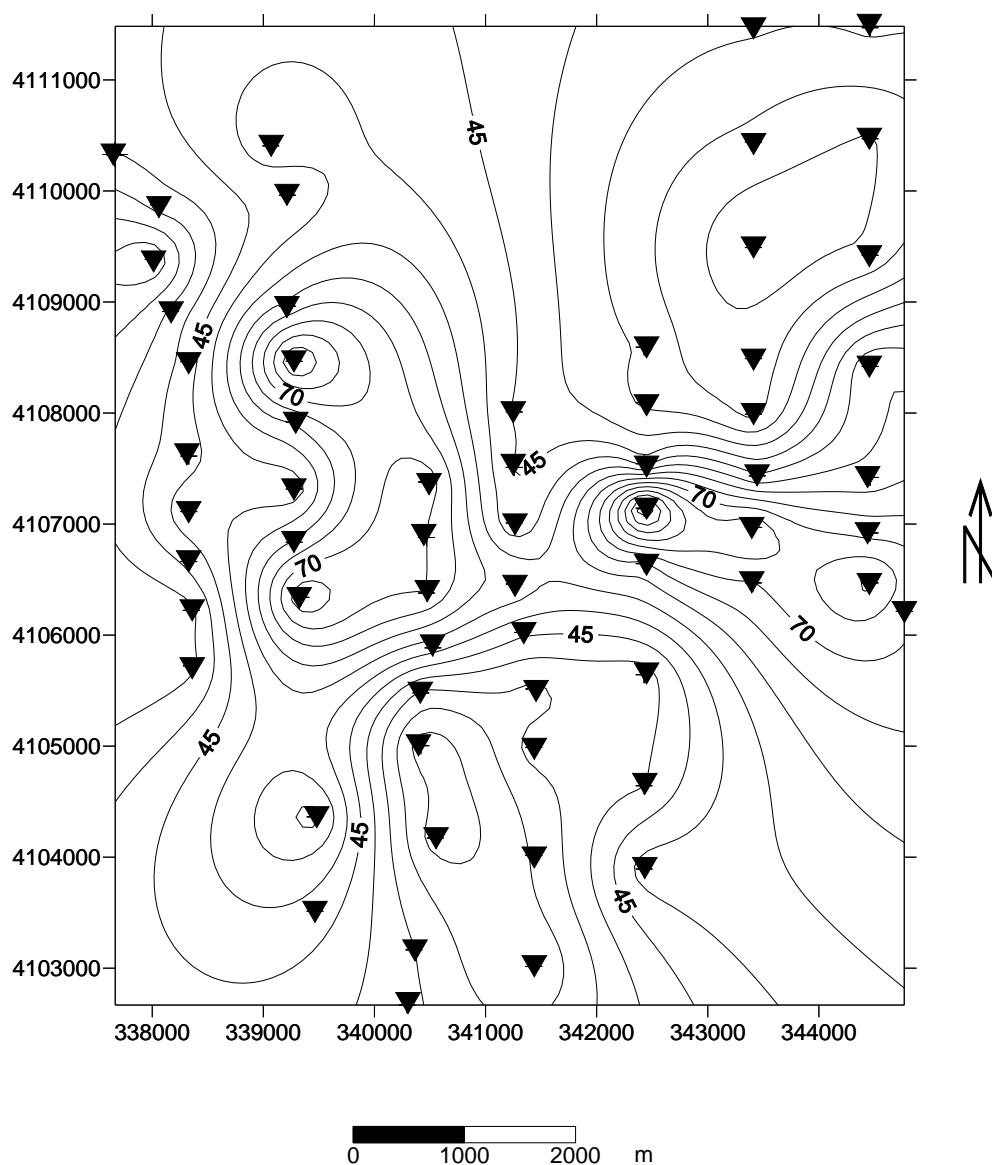
شکل ۵-۸- نقشه‌های هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $AB/2 = 300$ m با دو مقدار متفاوت

الف) $MN = 20$ m و ب) $MN = 80$ m

همان‌طور که نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری برای عمق متناظر با فاصله الکترودی $AB/2 = 400$ m

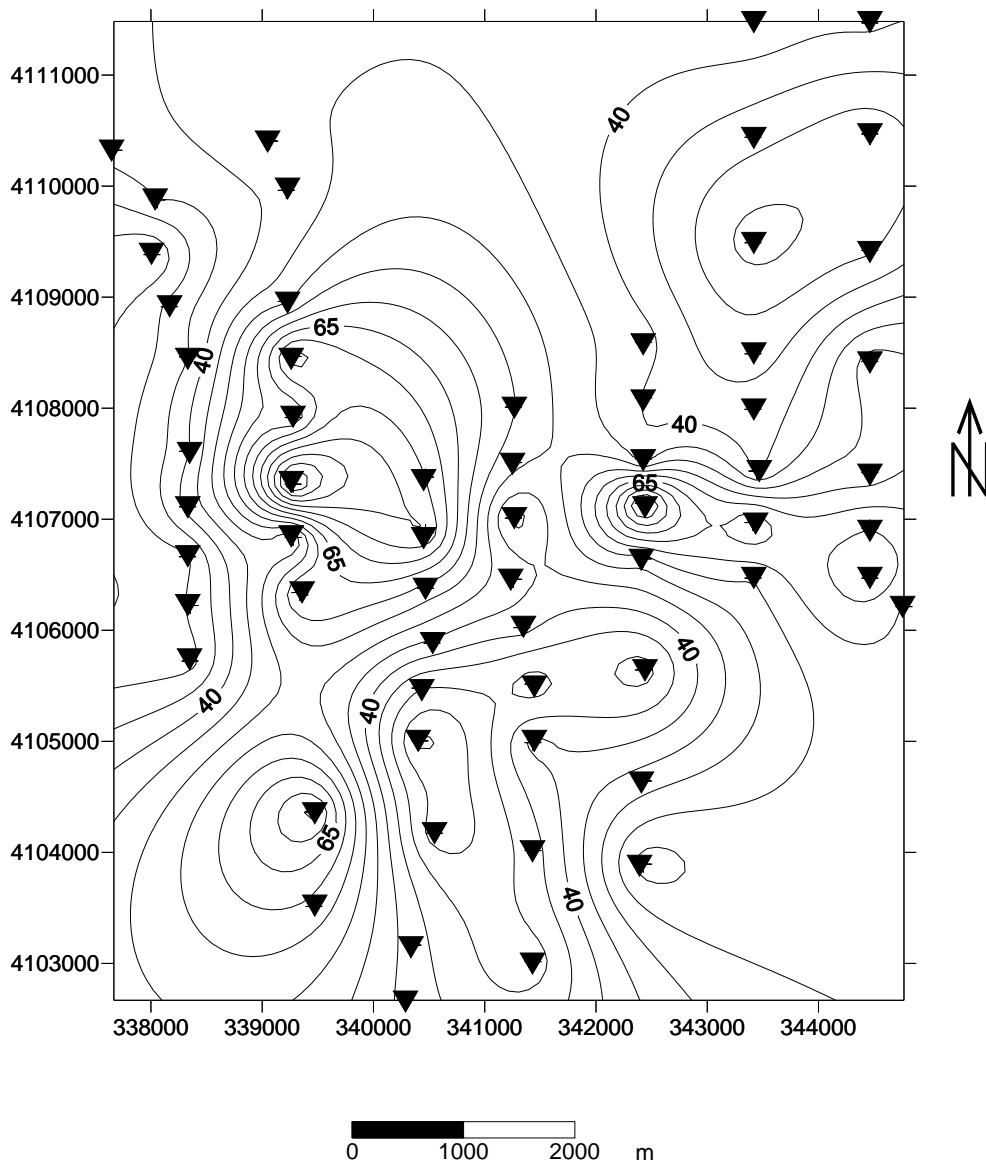
نشان می‌دهد (شکل ۵-۹)، مقادیر مقاومت ویژه در قسمت میانی و متمایل به شمال منطقه نسبتاً

بالاست، ولی این مقدار در بقیه بخش‌های منطقه پایین‌تر است.



شکل ۵-۹- نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $AB/2 = 400$ m

در نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری متناظر با فاصله الکترودی $AB/2 = 500$ m (شکل ۵-۱۰)، مقادیر بالای مقاومت ویژه الکتریکی در قسمت‌های میانی و به تدریج در شمال و حتی جنوب منطقه مورد مطالعه در افق نظر مشاهده می‌شود. علت این پدیده را می‌توان به افزایش تدریجی مقاومت ویژه الکتریکی با عمق و وجود سنگ بستر نسبتاً مقاوم به خصوص در قسمت‌های شمالی منطقه مورد مطالعه و نزدیکی به ارتفاعات واقع در جنوب منطقه مورد مطالعه نسبت داد.



شکل ۵-۱۰- نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری برای فاصله الکترودی $AB/2 = 500$ m

۵-۳- نتایج حاصل از تفسیر دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی با استفاده از

نرم افزار IpI2win

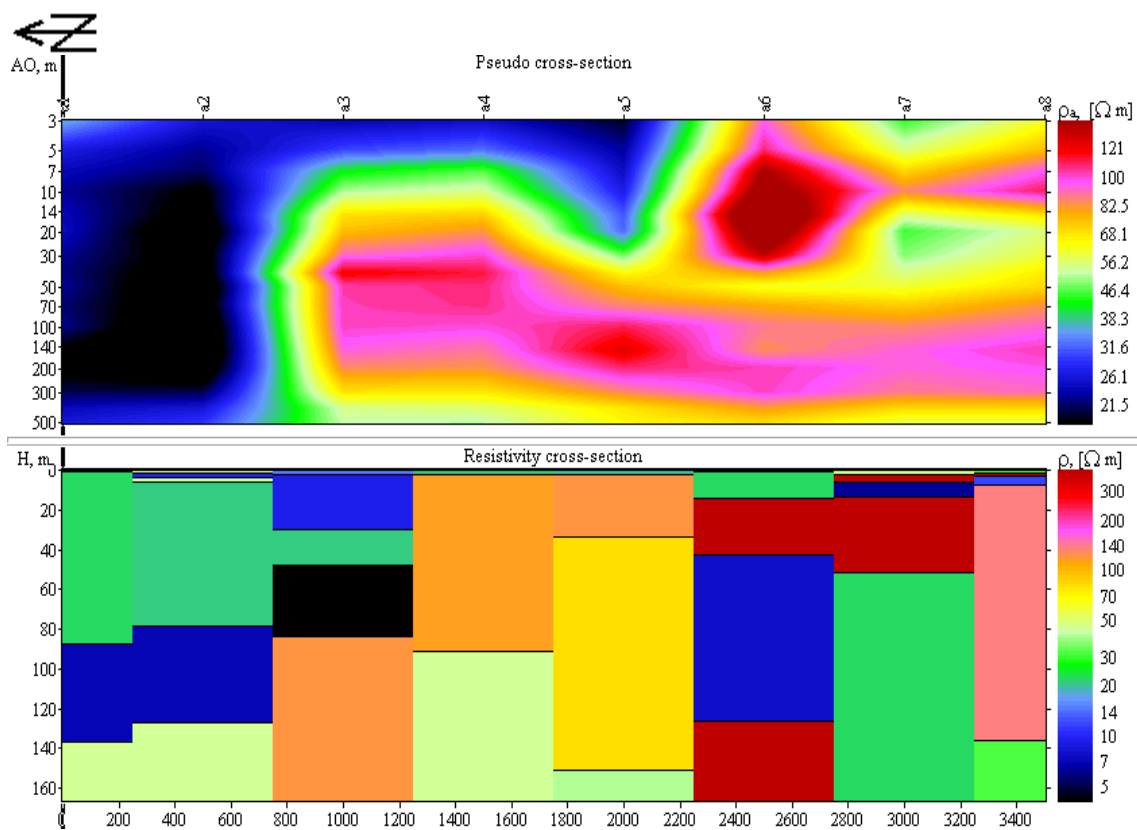
نرم افزار IpI2win یک نرم افزار قوی و مناسب برای مدل‌سازی و تفسیر داده‌های مقاومت ویژه و پلاریزاسیون القایی است که توسط آن می‌توان منحنی‌های سونداژ حاصل از داده‌های به دست آمده با استفاده از آرایش شلومبرژه را ترسیم نموده و به طور اتوماتیک، بهترین منحنی سونداژ تئوری منطبق با آن را به دست آورد. مزیت مهم این نرم افزار این است که می‌توان پارامترهای مختلف مدل یا داده‌های ورودی را در حین استفاده از نرم افزار، در صفحه مربوط به داده‌های ورودی یا شبه مقطع مقاومت ویژه رسم شده، با استفاده از صفحه کلید یا موس تغییر داد. به محض اعمال چنین تغییراتی در داده‌های ورودی یا پارامترهای مدل، نتایج تک تک تغییرات، در منحنی صحرائی یا مدل به دست آمده، قابل مشاهده و بررسی می‌باشد [حجت، ۱۳۸۲].

برای هر سونداژ، به طور مجزا مدل‌سازی معکوس صورت گرفته و مدل لایه‌ای زیرسطحی در محدوده سونداژ مذکور، متشکل از ضخامت و مقاومت ویژه لایه‌ها، تعیین گردیده است. سپس مدل‌های به دست آمده از تمام سونداژهای الکتریکی واقع بر روی یک خط برداشت، در کنار هم قرار داده شده و یک مقطع ژئوالکتریکی از مجموع آن‌ها، برای خط برداشت مذکور ایجاد شده است. مهم ترین مزیت این نوع مدل‌سازی آن است که تغییرات ضخامت و ترکیب لایه‌ها و همچنین تغییرات ایجاد شده در روند قرارگیری آن‌ها در زیر هر یک از نقاط برداشت، به وضوح قابل مشاهده می‌باشد [حجت، ۱۳۸۲].

نتایج مدل‌سازی دوبعدی بر روی پروفیل‌های A تا G با استفاده از نرم افزار IpI2win، در شکل‌های ۵-۱۱ تا ۵-۱۷ ارائه شده است که به طور مجزا مورد بحث قرار می‌گیرد.

۵-۳-۱- نتایج مدل سازی داده‌ها بر روی پروفیل A

همان‌طور که شبه مقطع و مقطع مقاومت ویژه این پروفیل که در شکل ۵-۱۱ نشان داده شده، مشاهده می‌شود در قسمت میانی این خط برداشت (در محدوده سونداژهای A-4 تا A-8)، مقادیر مقاومت ویژه بیشتر می‌باشد. در قسمت شمالی این خط برداشت (سونداژهای A-1 تا A-3)، به علت افزایش ضخامت رسوبات احتمالاً رسی، مقادیر مقاومت ویژه لایه‌ها کاهش می‌یابد.



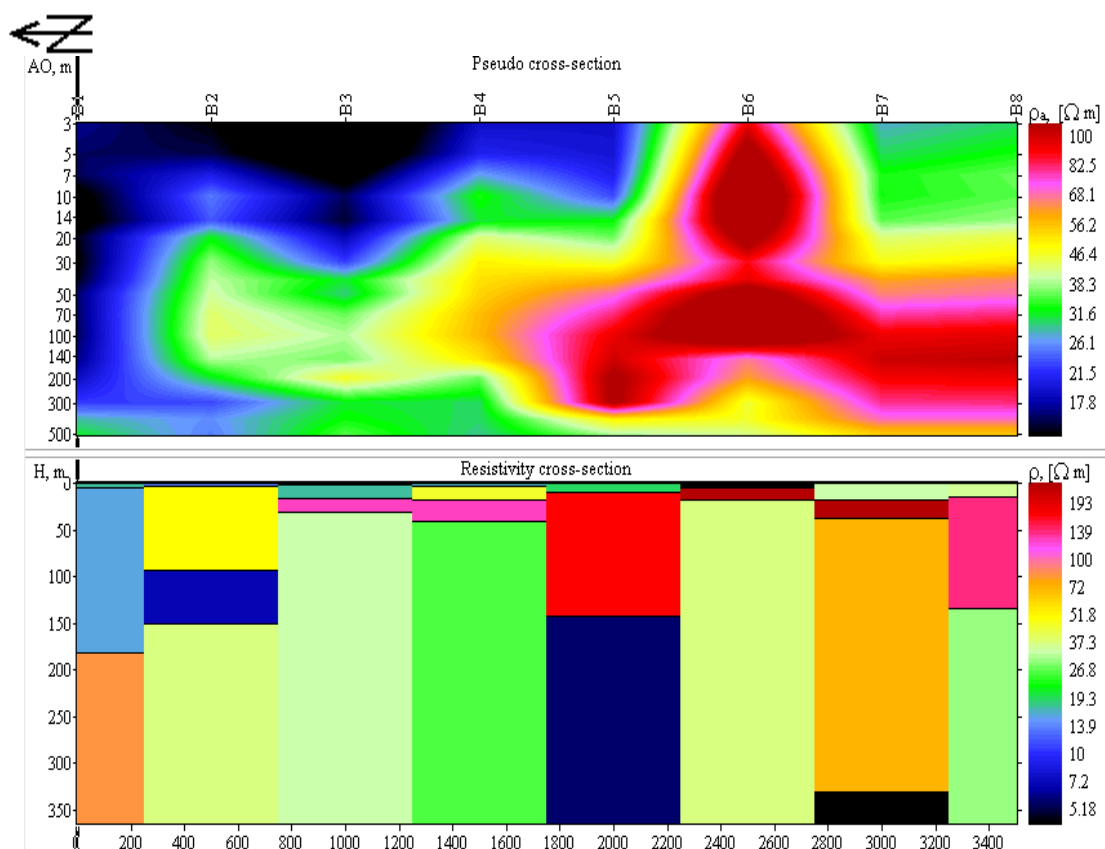
شکل ۵-۱۱- شبه مقطع و مقطع مقاومت ویژه در طول پروفیل A

به طور کلی در امتداد این خط برداشت، در محدوده سونداژهای A-1 تا A-3 و در عمق حدود ۱۶-۱۸ متری، لایه آبداری با ضخامت‌های متفاوت در زیر هر سونداژ، مشاهده می‌شود. ضخامت این لایه در زیر سونداژ A-3 به بیشترین مقدار خود می‌رسد. در محدوده سونداژ A-4 تا A-8 لایه‌های مقاوم سطحی و عمقی و میان‌لایه‌های کم مقاومت ویژه احتمالاً رسی مشاهده می‌شوند و بنابراین در

زیر این سونداژ، پتانسیل آب مطلوبی به چشم نمی‌آید. تشخیص دقیق جنس این رسوبات را می‌توان توسط برداشت‌های پلاریزاسیون القایی انجام داد.

۵-۳-۲- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل B

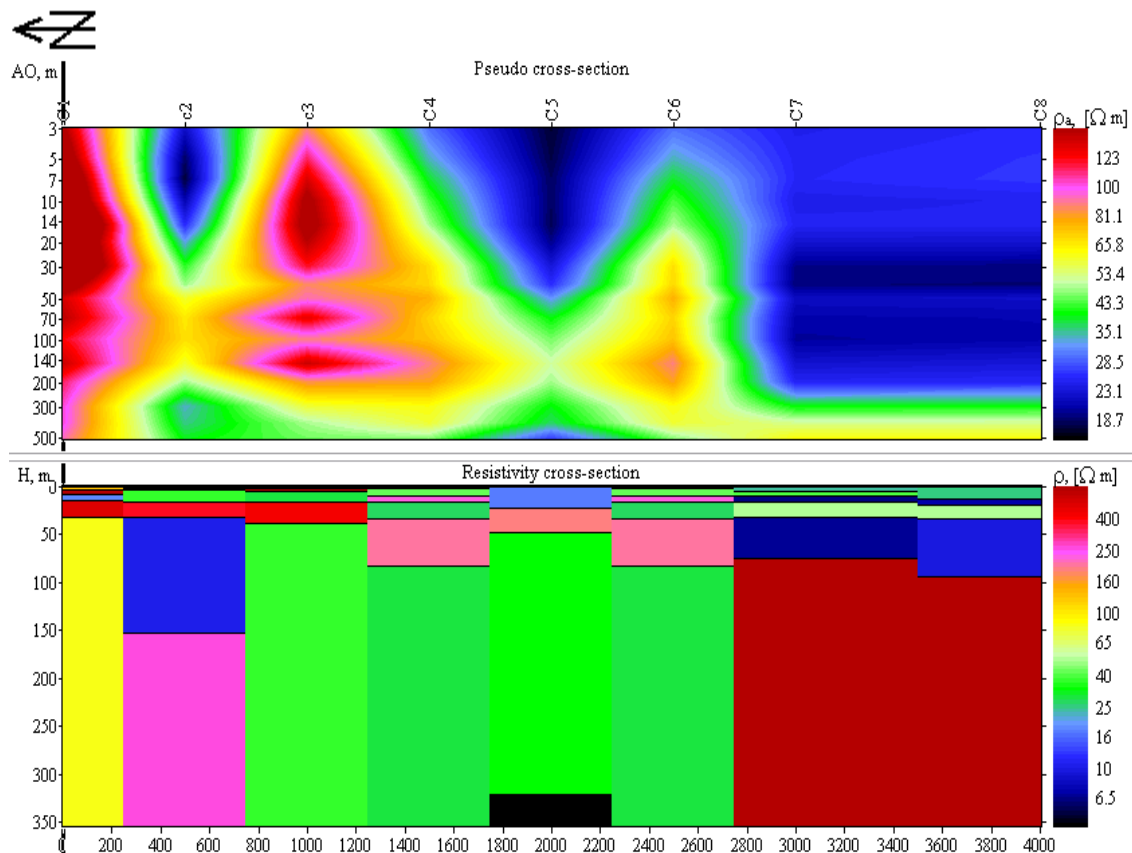
همان‌طور که در شکل ۵-۱۲ مشاهده می‌شود، در قسمت میانی و متمایل به جنوب این خط برداشت (در محدوده سونداژهای B-5 تا B-7) ضخامت سنگ بستر و در نتیجه مقادیر مقاومت ویژه لایه‌ها، بیشتر می‌باشد. این امر، دسترسی به منابع آب با پتانسیل مطلوب را در زیر این سونداژها غیر ممکن می‌سازد. در قسمت شمالی این خط برداشت، در محدوده سونداژهای B-1 تا B-3 و در عمق‌های متفاوت ۸۰-۳۰ متری لایه‌های آبداری با ضخامت تقریبی ۸۰ متر مشاهده می‌شود.



شکل ۵-۱۲- شبه مقطع و مقطع مقاومت ویژه در طول پروفیل B

۵-۳-۳- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل C

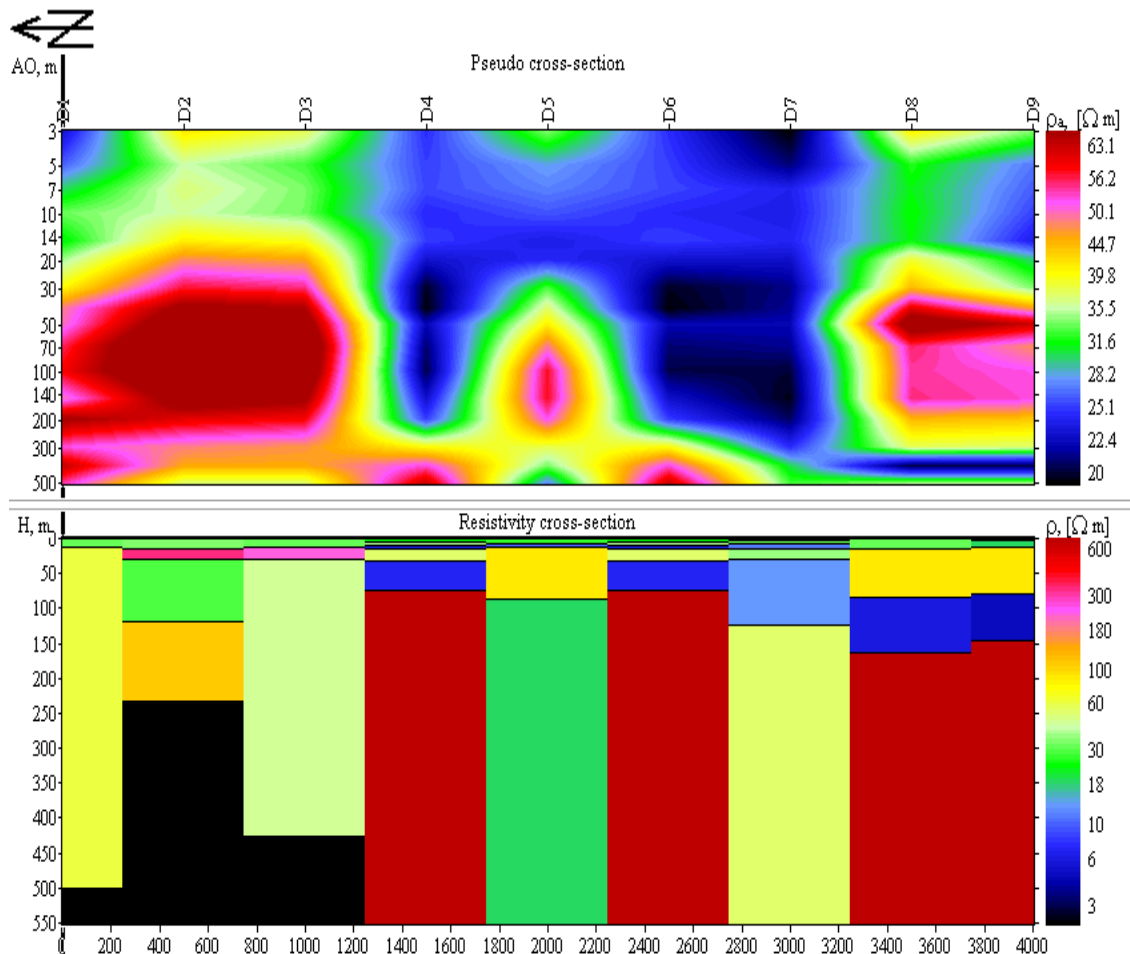
همان‌طور که در شکل ۵-۱۳ مشاهده می‌شود، در قسمت میانی و متمایل به شمال این خط برداشت (در محدوده سونداژهای C-1 تا C-3)، ضخامت سنگ بستر زیاد است و در نتیجه، لایه‌های عمقی موجود در زیر این سونداژ، از مقاومت ویژه بالایی برخوردار می‌باشند. در قسمت جنوبی این خط برداشت و به خصوص در زیر سونداژهای C-7 و C-8، ضخامت رسوبات بسیار زیاد و در نتیجه دسترسی به منابع آب با پتانسیل مطلوب، غیر ممکن می‌باشد. بر روی این خط برداشت، می‌توان به لایه آبدار موجود در زیر سونداژ C-6 اشاره نمود. قابل ذکر است که لایه آبدار موجود در زیر این سونداژ در عمق تقریبی ۱۶-۱۵ متری قرار دارد و ضخامت آن ۱۶-۱۴ متر برآورد گردیده است، بهترین پتانسیل آب موجود بر روی این خط برداشت می‌باشد.



شکل ۵-۱۳- شبه مقطع و مقطع مقاومت ویژه در طول پروفیل C

۵-۳-۴- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل D

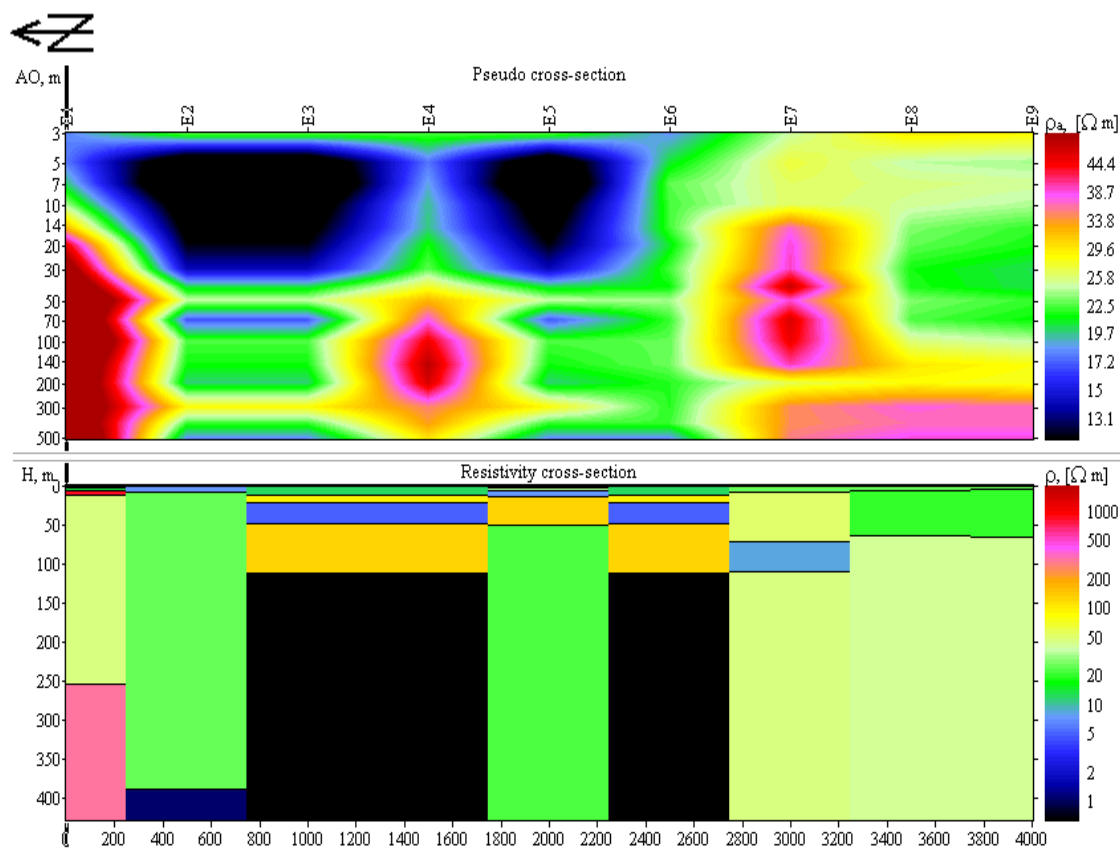
همان‌طور که در شکل ۵-۱۴ مشاهده می‌شود، در زیر سونداژهای D-1 تا D-4، به علت وجود لایه‌های سطحی مقاوم، دسترسی به لایه‌های آبدار با پتانسیل مطلوب، غیر ممکن است. در امتداد این خط برداشت، در محدوده سونداژهای D-6 تا D-8 و در عمق حدود ۱۷-۱۲ متری، لایه آبداری با ضخامت‌های متفاوت در زیر هر سونداژ، مشاهده می‌شود. ضخامت این لایه در زیر سونداژ D-6 به بیشترین مقدار خود می‌رسد.



شکل ۵-۱۴- شبه مقطع و مقطع مقاومت ویژه در طول پروفیل D

۵-۳-۵- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل E

همان‌طور که در شکل ۱۵-۵ مشاهده می‌شود، با حرکت به سمت شمال این خط برداشت، ضخامت رسوبات افزایش می‌یابد. به علت عمق کم سنگ بستر و در نتیجه مقاومت ویژه بالای لایه‌ها در محدوده سونداژهای E-1 و E-2، دسترسی به لایه‌های آبدار در زیر این سونداژها، غیر ممکن می‌باشد. در زیر محل سونداژهای E-7 تا E-9، لایه آبداری با ضخامت و عمق متغیر دیده می‌شود که در زیر محل سونداژ E-9 که در عمق تقریبی ۲۹-۲۳ متری قرار دارد، قابل توجه می‌باشد.

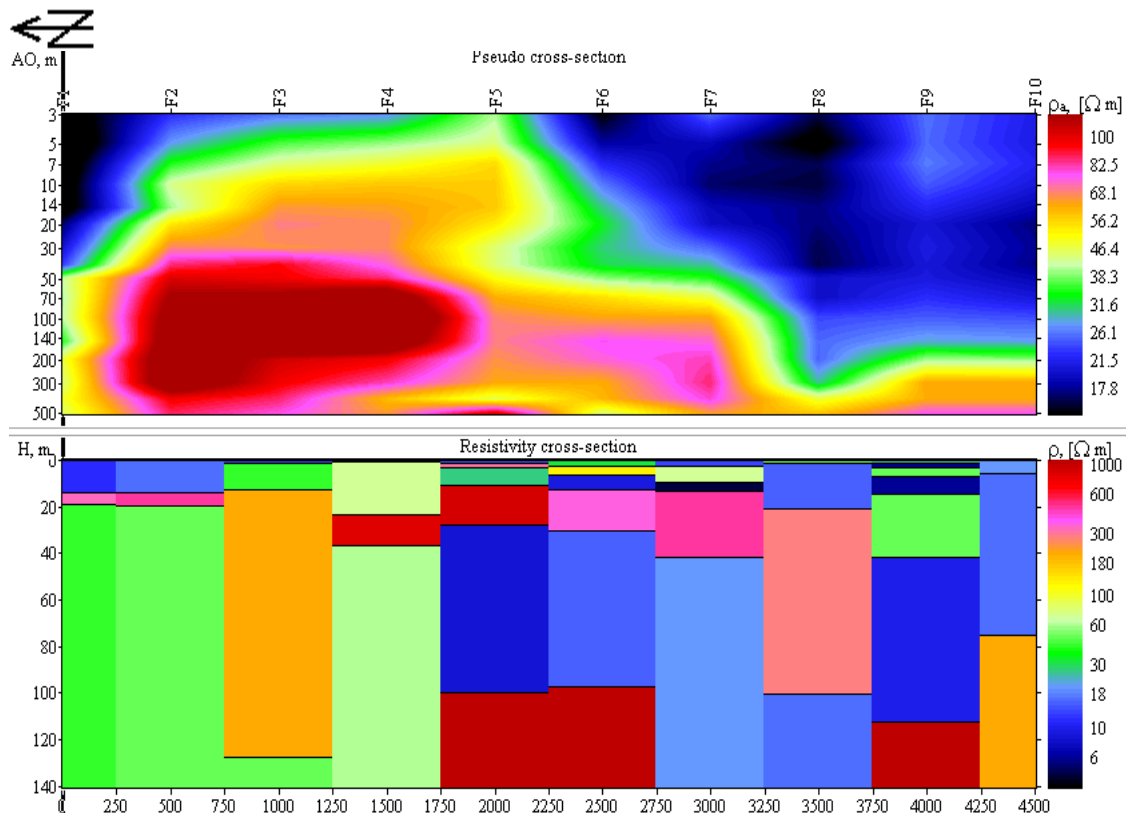


شکل ۱۵-۵- شبه مقطع و مقطع مقاومت ویژه در طول پروفیل E

۵-۳-۶- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل F

همان‌طور که در شکل ۱۶-۵ مشاهده می‌شود، عمق سنگ بستر در زیر سونداژهای F-3 تا F-5 به کمترین مقدار خود می‌رسد. این امر دسترسی به لایه آبدار با پتانسیل مطلوب را در زیر سونداژ F-2

غیر ممکن می‌سازد. با حرکت به سمت جنوب این خط برداشت (در محدوده سونداژهای F-6 تا F-10)، ضخامت رسوبات افزایش می‌یابد و در زیر سونداژ F-8، به بیشترین مقدار خود می‌رسد. در زیر سونداژهای F-9 و F-10، لایه آبداری در عمق تقریبی ۶۵-۵۵ متری وجود دارد. ضخامت این لایه در زیر سونداژ F-9 حدود ۱۵۰ متر و در زیر سونداژ F-10 حدود ۵۰ متر برآورد گردیده است.

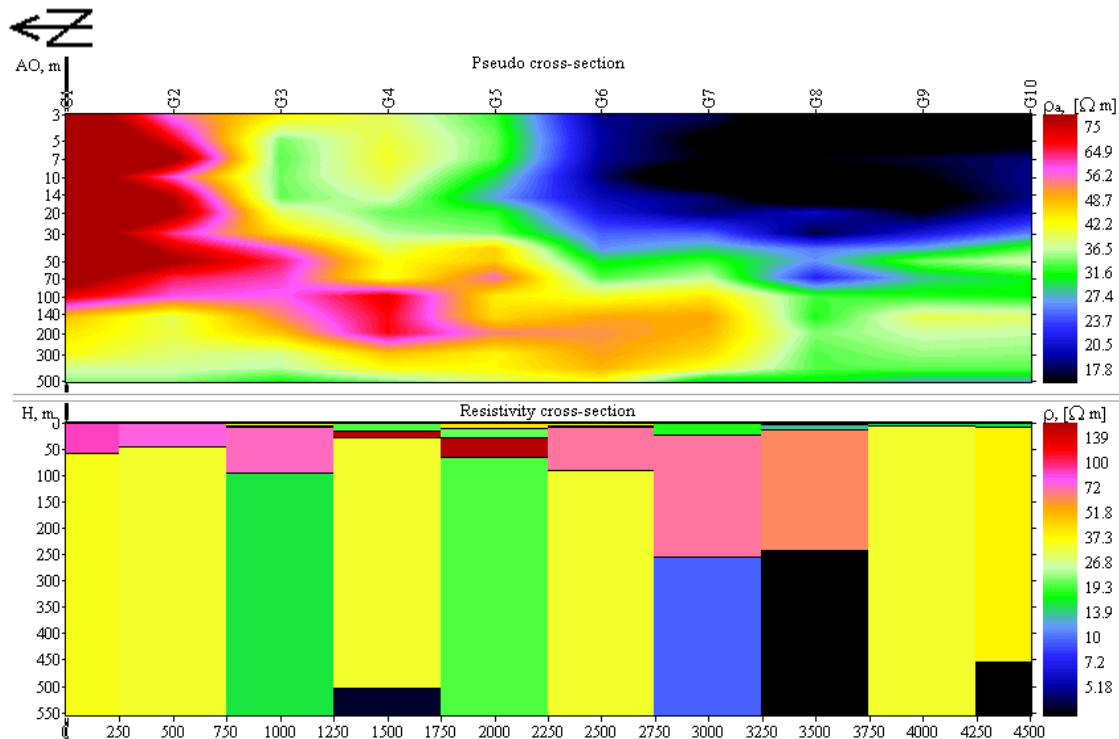


شکل ۵-۱۶- شبه مقطع و مقطع مقاومت ویژه در طول پروفیل F

۵-۳-۷- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل G

همان‌طور که در شکل ۵-۱۷ مشاهده می‌شود، عمق سنگ بستر در زیر سونداژهای G-1 و G-2، به کمترین مقدار خود می‌رسد. به این ترتیب، دسترسی به لایه آبدار در زیر سونداژ G-2 غیر ممکن می‌باشد. با این حال، وجود لایه آبداری در زیر سونداژ G-3 و G-4 که در عمق تقریبی ۹ متری قرار دارد و ضخامت متوسط آن ۱۳ متر است، جالب توجه می‌باشد. بالا بودن ضخامت رسوبات در

محدوده سونداژ G-8 تا G-10 دسترسی به منابع آب با کیفیت مطلوب را در زیر این سونداژ، غیر ممکن می‌سازد.



شکل ۵-۱۷- شبه مقطع و مقطع مقاومت ویژه در طول پروفیل G

در زیر سونداژ G-6، لایه آبداری با ضخامت ۵۵-۵۸ متر، در عمق تقریبی ۱۵-۱۳ متری قرار دارد. وجود لایه‌های سطحی مقاوم و لایه‌های عمقی هادی از جنس رسوبات احتمالاً رسی در زیر سونداژ G-5، دسترسی به منابع آب با کیفیت مطلوب را در محدوده این سونداژ، غیر ممکن می‌سازد.

۴-۵- نتیجه‌گیری از مقاطع مدل سازی و تفسیر دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه

الکتریکی با استفاده از نرم افزار IpI2win

با توجه به نتایج مدل‌سازی دوبعدی بر روی پروفیل‌های A تا G با استفاده از نرم افزار IpI2win، مشخص می‌شود که در قسمت‌های میانی این خطوط برداشت، مقادیر مقاومت ویژه الکتریکی لایه-

های زمین بالاتر است. علت این امر، برآمدگی سنگ کف در این محدوده و نزدیکی به ارتفاعات واقع قسمت میانی منطقه مورد نظر می‌باشد.

با حرکت به سمت شمال و جنوب خطوط برداشت مذکور، به علت افزایش ضخامت رسوبات رسی و کاهش ابعاد ذرات آن‌ها و وجود آب‌های سطحی، مقادیر مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌های زمین کاهش می‌یابد.

۵-۵- نتایج حاصل از مدل سازی و تفسیر دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی

با استفاده از نرم افزار Res2dinv

نرم افزار Res2dinv به صورت اتوماتیک، یک مدل مقاومت ویژه دوبعدی برای زیر سطح زمین، با استفاده از داده‌های به دست آمده از برداشت‌های الکتریکی صحرائی ایجاد می‌نماید. این نرم افزار، برای مدل‌سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی، از روش بهینه‌سازی کمترین مربعات^۱ غیرخطی استفاده می‌نماید. از این برنامه برای مدل‌سازی داده‌های حاصل از برداشت به روش‌های ونر، قطبی- قطبی، دوقطبی، ونر- شلومبرژه و دوقطبی- دوقطبی استوایی استفاده می‌شود.

همان‌طور که از روی شکل های ۵-۱۸ تا ۵-۲۴ دیده می‌شود، مقاطع دوبعدی به دست آمده توسط نرم افزار Res2dinv (همانند مقاطع تهیه شده توسط نرم افزار Ip2win در شکل های ۵-۱۱ تا ۵-۱۷)، مقادیر بالای مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌های زمین را در شمال و کاهش این مقادیر را با حرکت به سمت جنوب منطقه مطالعاتی تأیید می‌کنند. از مقایسه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری به دست آمده از این نرم افزار با مقاطع به دست آمده توسط نرم افزار Ip2win، مشاهده می‌شود که روند کلی تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی در این دو سری مقاطع، مشابه می‌باشد [Loke, 1994].

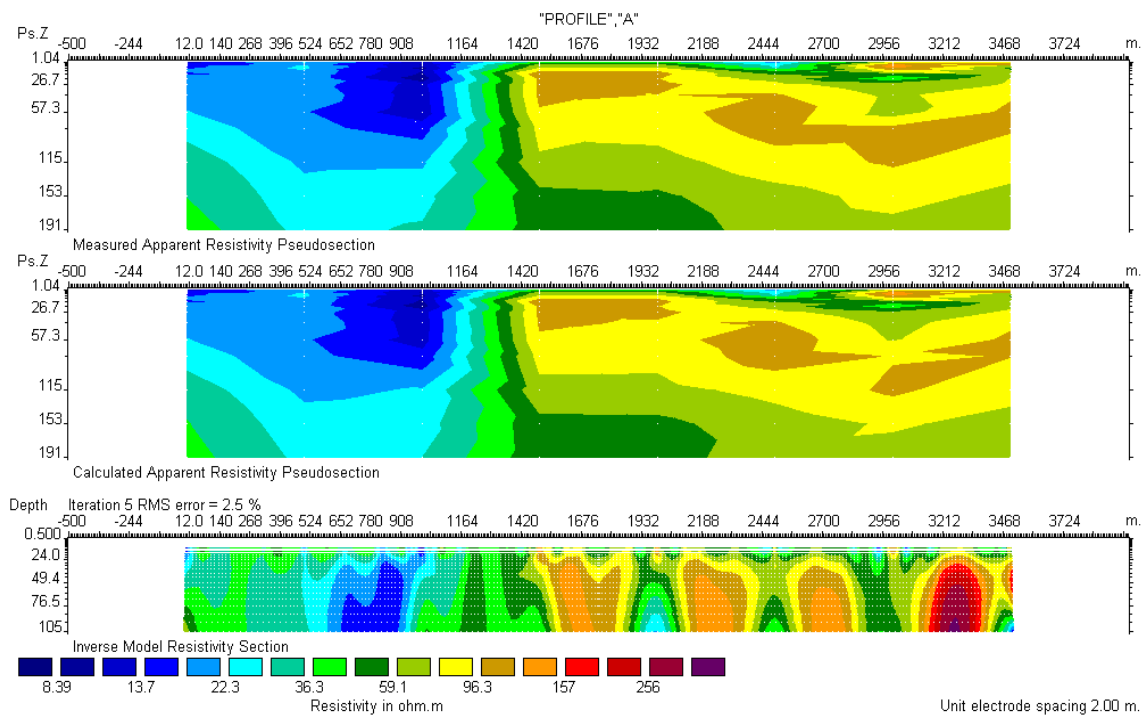
¹Least Square

نتایج نهایی حاصل از مدل‌سازی دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی، با استفاده از این نرم افزار و با ۵ مرحله تکرار، برای خطوط برداشت A, B, C, D, E, G در شکل‌های ۵-۱۸ تا ۵-۲۴ نشان داده شده است. همچنین در مورد خط برداشت F با ۶ مرحله تکرار شکل ۵-۲۳ به دست آمده است. همان‌طور که برای هر خط برداشت مشاهده می‌شود، مراحل متوالی مدل‌سازی بر روی داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی توسط این نرم افزار، باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در میزان خطای ریشه میانگین مربعات^۱ (RMS) می‌شود.

۵-۵-۱- نتایج مدل‌سازی داده‌ها بر روی پروفیل A

با توجه به شکل ۵-۱۸ مشاهده می‌شود که در قسمت میانی این خط برداشت و تاحدودی در قسمت جنوب منطقه مقاومت ویژه بالاتر است اما شمال منطقه دارای مقاومت ویژه کمتری می‌باشد. همچنین تغییر ناگهانی مقدار مقاومت در قسمت میانی می‌تواند حاکی از وجود گسل در این خط برداشت باشد.

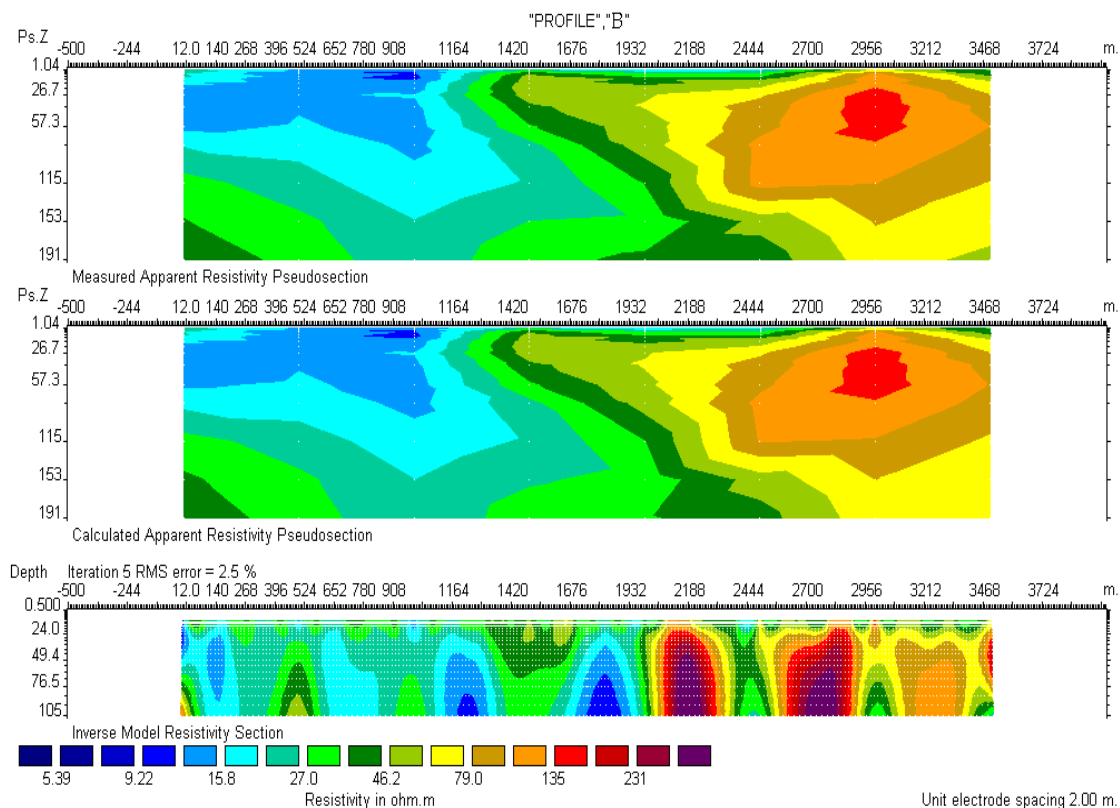
^۱ Root Mean Square Error



شکل ۵-۱۸- شبه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دویبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل A

۵-۵-۲- نتایج مدل سازی داده‌ها بر روی پروفیل B

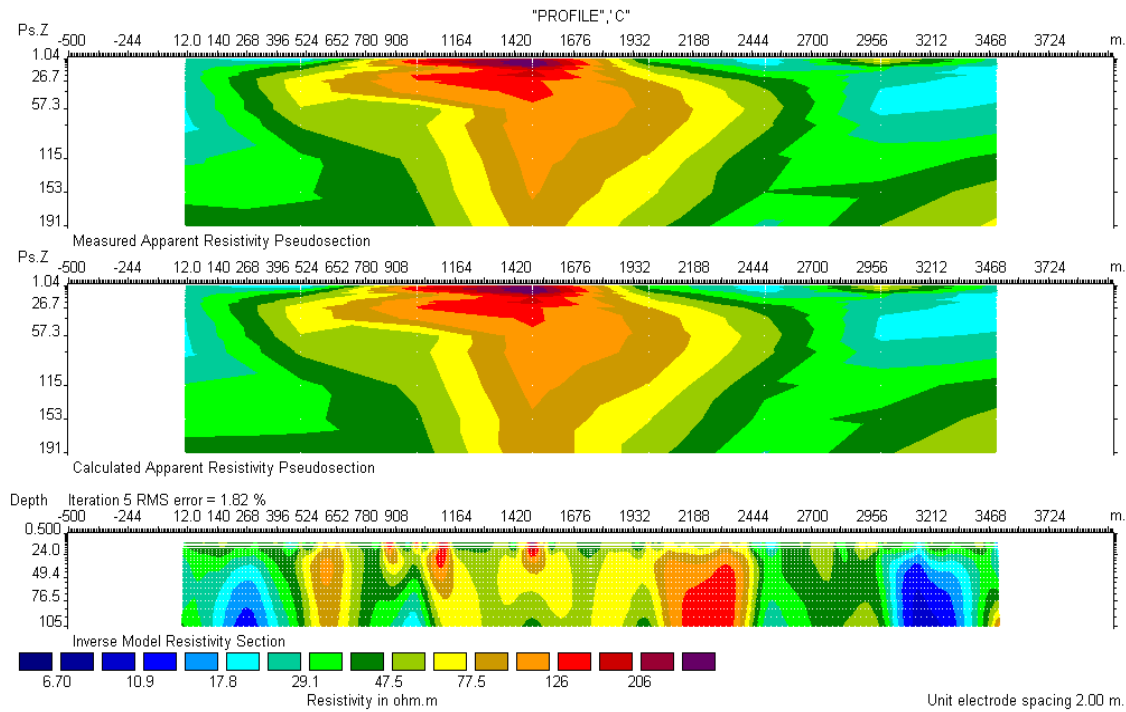
با توجه به شکل ۵-۱۹ مشابه شکل ۵-۱۸ مشاهده می شود که مقادیر مقاومت ویژه در قسمت میانی و تا میزان بیشتری در جنوب منطقه بالااست که می تواند ناشی از بالا آمدگی سنگ بستر و ضخیم شدن آن باشد این امر، دسترسی به منابع آب با پتانسیل مطلوب را در زیر این سونداژهای B-7 تا B-1 غیر- ممکن می‌سازد. در قسمت شمالی این خط برداشت، در محدوده سونداژهای B-1 تا B-3 و در عمق های متفاوت لایه های آبداری مشاهده می شود.



شکل ۵-۱۹- شبه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل سازی معکوس داده های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل B

۵-۵-۳- نتایج مدل سازی داده ها بر روی پروفیل C

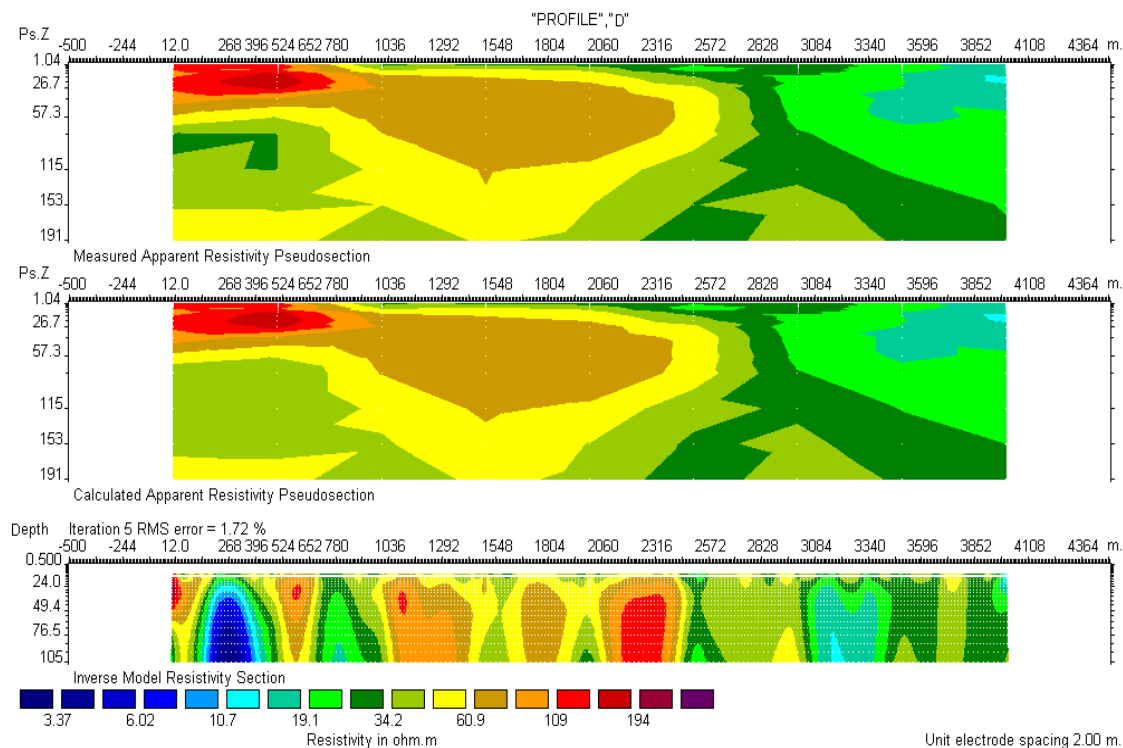
همانطور که در شکل ۵-۲۰ مشاهده می شود باز هم در قسمت میانی منطقه مطالعاتی و تا اندازه ای متمایل به شمال منطقه مقادیر مقاومت ویژه بالا است در قسمت جنوبی این خط برداشت ضخامت رسوبات زیاد است و مقدار مقاومت ویژه الکتریکی کاهش یافته است.



شکل ۵-۲۰- شبه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل سازی معکوس داده های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل C

۵-۴-۵- نتایج مدل سازی داده ها بر روی پروفیل D

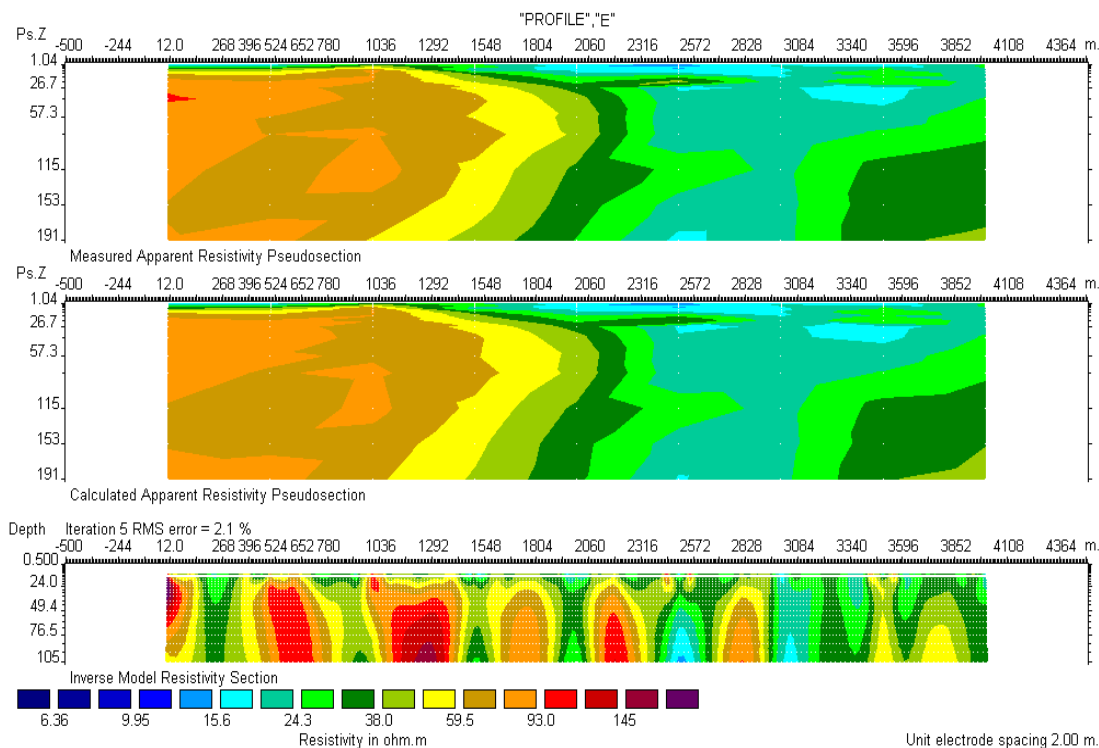
با توجه به شکل ۵-۲۱ به علت وجود لایه های سطحی مقاوم دسترسی به لایه های آبدار با پتانسیل مطلوب، غیر ممکن است این مطلب از روی شکل ۵-۱۴ نیز قابل مشاهده است اما در قسمت جنوبی منطقه لایه آبداری با ضخامت های متفاوت مشاهده می شود.



شکل ۵-۲۱- شبه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل D

۵-۵-۵- نتایج مدل سازی داده‌ها بر روی پروفیل E

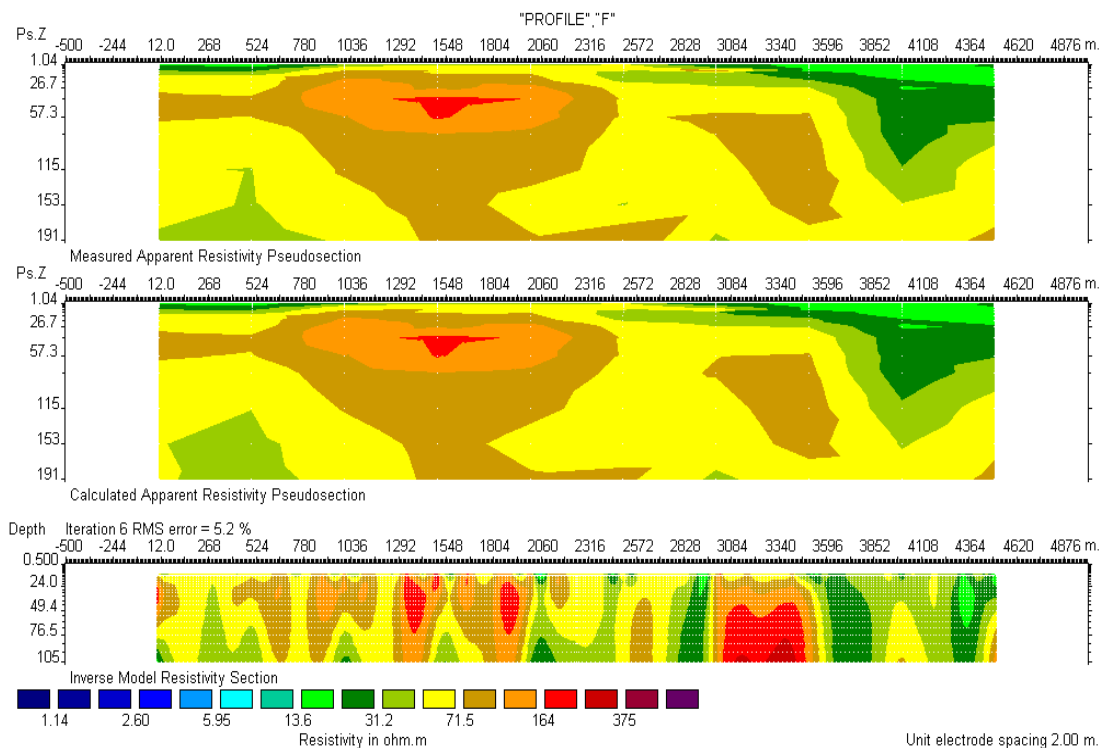
همانطور که از شکل ۵-۲۲ دیده می شود می توان در قسمت جنوب منطقه مطالعاتی انتظار وجود لایه آبدار را داشت که در زیر محل سونداژهای E-7 تا E-9 لایه آبداری با ضخامت و عمق متغیر دیده می شود و در زیر محل سونداژ E-9 که در عمق تقریبی ۲۹-۲۳ متری قرار دارد، قابل توجه است.



شکل ۵-۲۲- شبه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل سازی معکوس داده های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل E

۵-۵-۶- نتایج مدل سازی داده ها بر روی پروفیل F

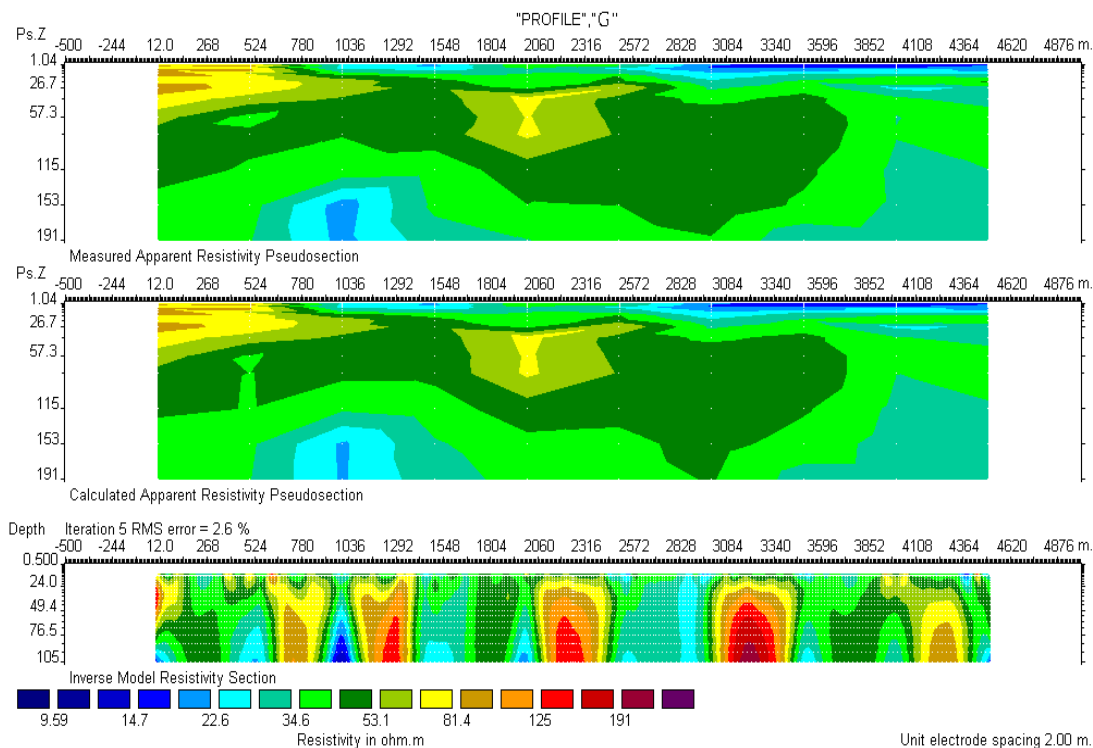
باتوجه به شکل ۵-۲۳ در قسمت شمال و به ویژه در منطقه میانی منطقه مطالعاتی احتمالا به علت کم شدن عمق سنگ بستر مقادیر مقاومت ویژه بالاست و به همین دلیل دسترسی به لایه آبدار با پتانسیل آب مطلوب در این مناطق تقریبا غیر ممکن است. اما با حرکت به سمت جنوب منطقه می توان انتظار وجود لایه آبداری با ضخامت متغییر را داشت که در زیر محل سونداژ F-9 به بیشترین مقدار خود می رسد.



شکل ۵-۲۳- شبه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل سازی معکوس داده‌های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل F

۵-۵-۷- نتایج مدل سازی داده‌ها بر روی پروفیل G

همانطور که در شکل ۵-۲۴ مشاهده می شود مشابه شکل ۵-۱۷ عمق سنگ بستر در شمال منطقه به کمترین میزان خود می رسد. در نتیجه دسترسی به آب در این منطقه مشکل به نظر می رسد، اما در قسمت میانی منطقه لایه آبداری در عمق کم قابل تشخیص است که با توجه به نتایج تفسیر دستی ارائه شده در فصل چهارم در زیر محل سونداژ G-4 این لایه آبدار در عمق حدود ۹ متری وبا ضخامت متوسط ۱۳ متر تخمین زده شده است.



شکل ۵-۲۴- شبه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری و مدل دوبعدی مقاومت ویژه حاصل از مدل سازی معکوس داده های مقاومت ویژه ظاهری برای پروفیل G

۵-۶- نتیجه گیری از مقاطع مدل سازی و تفسیر دوبعدی داده های مقاومت ویژه

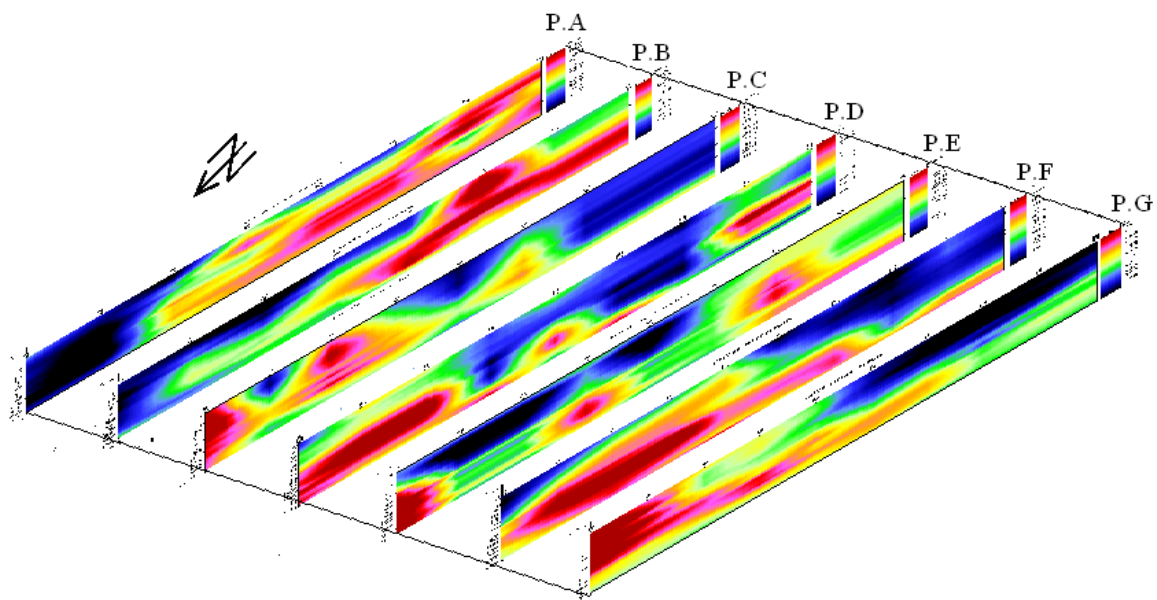
الکتریکی با استفاده از نرم افزار Res2dinv

همان طور که از روی شکل های ۵-۱۸ تا ۵-۲۴ دیده می شود ، مقاطع دوبعدی به دست آمده توسط نرم افزار Res2dinv (همانند مقاطع تهیه شده توسط نرم افزار Ip2win در شکل های ۵-۱۱ تا ۵-۱۷) ، مقادیر بالای مقاومت ویژه الکتریکی لایه های زمین را در قسمت میانی منطقه مطالعاتی و کاهش این مقادیر را با حرکت به سمت جنوب و شمال منطقه تأیید می کنند.

از مقایسه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری به دست آمده از این نرم افزار با مقاطع به دست آمده توسط نرم افزار IpI2win، مشاهده می‌شود که روند کلی تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی در این دو سری مقاطع، مشابه می‌باشد.

۵-۷- تفسیر کیفی سه‌بعدی داده‌های صحرائی

در این قسمت، شبه مقاطع دوبعدی به دست آمده توسط نرم افزار IpI2win در کنار هم قرار داده شده‌اند تا یک تصویر سه‌بعدی از تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی در منطقه مورد نظر به دست آید (شکل ۵-۲۵). با توجه به این شکل، مقادیر مقاومت ویژه الکتریکی در قسمت میانی منطقه مورد نظر بیشتر است. علت این امر (همان‌طور که در تفسیر دوبعدی این مقاطع نیز ذکر شد)، برآمدگی سنگ کف و عمق کم آن در قسمت میانی منطقه می‌باشد. اما با حرکت به سمت جنوب منطقه (به خصوص در قسمت‌های میانی مقطع سه‌بعدی)، به علت افزایش ضخامت رسوبات رسی و کاهش ابعاد آنها، مقادیر مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌های زمین کاهش می‌یابد.



شکل ۵-۲۵- مقطع سه‌بعدی تهیه شده از منطقه مطالعاتی با استفاده از ترکیب نتایج شبه مقاطع دوبعدی با نرم افزار IpI2win به دست آمده از تمام خطوط برداشت

فصل ششم

تعیین ارتباط بین نتایج تفسیر داده‌های
مقاومت ویژه الکتریکی و پارامترهای کیفی
به دست آمده از چاه‌های آب

در فصل‌های قبل، نتایج تفسیر یک‌بعدی و دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه حاصل از سونداژهای الکتریکی اجرا شده در منطقه مخروط افکنه خرمالو، مورد بحث و بررسی قرار گرفت. در این فصل، ابتدا به توضیح روش آماری رگرسیون^۱ پرداخته و سپس بین نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های مقاومت ویژه حاصل از سونداژهای الکتریکی اجرا شده در مجاورت چاه‌های آب موجود در منطقه و پارامترهای کیفی به دست آمده از این چاه‌ها، رابطه‌ای خطی برقرار شده است.

برای به دست آوردن رابطه همبستگی بین داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی (به دست آمده از سونداژهای الکتریکی) و پارامترهای کیفی (به دست آمده از چاه‌های آب)، تلاش‌های زیادی صورت گرفته است که در فصل اول شرح داده شد.

در این پایان‌نامه نیز سعی بر آن است که بین نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی اجرا شده در مجاورت چاه‌های آب موجود در منطقه مورد مطالعه و پارامترهای کیفی به دست آمده از این چاه‌ها (از قبیل TDS و EC) رابطه‌ای خطی ایجاد شود. برای ایجاد رابطه خطی مذکور، همانطور که قبلاً نیز ذکر شد، از روش آماری رگرسیون استفاده شده است. بنابراین لازم است ابتدا در مورد این روش توضیحات مختصری ارائه گردد.

^۱ Regression

۲-۶- روش آماری رگرسیون

روش رگرسیون یک روش تجزیه و تحلیل آماری برای تعیین رابطه همبستگی بین دو یا چند متغیر می‌باشد.

۲-۶-۱- رگرسیون با یک متغیر مستقل

معادله خط رگرسیون با یک متغیر مستقل به صورت زیر می‌باشد:

$$Y = a + bX \quad (۱-۶)$$

در این رابطه b شیب خط رگرسیون و a عرض از مبدأ حاصل از برخورد خط رگرسیون با محور Y می‌باشد. این دو پارامتر توسط روابط زیر تعیین می‌شوند:

$$b = (N\sum XY - (\sum X)(\sum Y)) / (N\sum X^2 - (\sum X)^2) \quad (۲-۶)$$

$$a = (\sum Y - b(\sum X)) / N \quad (۳-۶)$$

در این روابط X و Y دو متغیر، N تعداد متغیرها یا امان ها، $\sum XY$ مجموع حاصل ضرب دو متغیر، $\sum X$ جمع مقادیر متغیر اول، $\sum Y$ جمع مقادیر متغیر دوم و $\sum X^2$ جمع مربعات مقادیر متغیر اول می‌باشند.

مقدار ضریب همبستگی بین دو متغیر X و Y از طریق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}} \quad (۴-۶)$$

هر چه مقدار این ضریب بیشتر باشد، نشان‌دهنده آن است که دو متغیر X و Y دارای روند تغییرات

مشابه‌تری می‌باشند [Carpenter et al , 2009].

۶-۲-۲- رگرسیون با چند متغیر مستقل

یک مدل رگرسیون شامل بیش از یک متغیر مستقل را مدل رگرسیون چند متغیره می نامند . در این روش به هر متغیر وزنی داده می شود و سهم آن در تعیین یک پارامتر خاص مشخص می گردد. به عنوان نمونه یک رگرسیون خطی چند متغیره با دو متغیر مستقل به صورت زیر می باشد:

[Carpenter et al , 2009]

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon \quad (۵-۶)$$

استفاده از نماد ماتریس در مدل های رگرسیون چند گانه موجب سهولت در کار می شود. بنابراین مدل، داده ها و نتایج به صورت $Y = X\beta + \varepsilon$ در نظر گرفته می شود. به طور کلی Y یک بردار $n \times 1$ از مشاهدات، X ماتریسی $n \times p$ از سطوح متغیر های مستقل، β برداری $p \times 1$ از ضرایب رگرسیون و ε برداری $n \times 1$ از خطاهای تصادفی است. حال مقادیر ضرایب از رابطه زیر بدست می آید:

$$\beta = (X'X)^{-1} X'Y \quad (۶-۶)$$

وارون ماتریس $\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$ به صورت $\frac{1}{D} \times \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}$ می باشد که $D = ad - bc$ دترمینان ماتریس

$$\frac{1}{Z} \times \begin{bmatrix} (ek - fh) & -(bk - ch) & (bf - ce) \\ -(dk - fg) & (ak - cg) & -(af - cd) \\ (dh - eg) & -(ah - bg) & (ae - bd) \end{bmatrix} \text{ برابر با } \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & k \end{bmatrix} \text{ اولین و همچنین وارون ماتریس}$$

است که در اینجا نیز مقدار Z همان دترمینان ماتریس اولیه می باشد:

$$z = a(ek - fh) - b(dk - fg) + c(dh - eg) = aek + bfg + cdh - ahf - dbh - gec$$

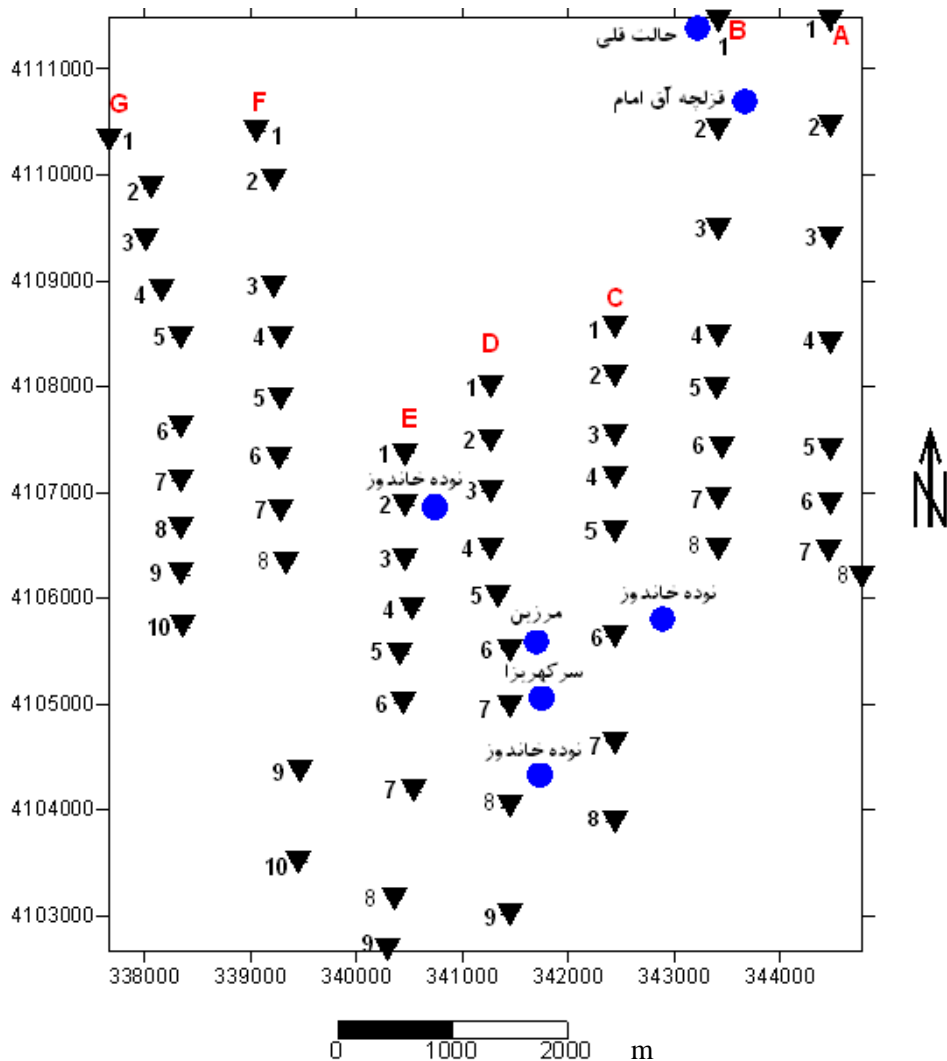
۳-۶- تعیین ارتباط بین نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژ الکتریکی و

پارامترهای کیفی به دست آمده از چاه‌های آب موجود در منطقه مطالعاتی

در این قسمت، نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژهای الکتریکی برداشت شده در مجاورت چاه‌های آب موجود در منطقه (به منظور تشخیص عمق، ضخامت و مقاومت ویژه لایه آبدار موجود در زیر سطح زمین در محل هر سونداژ) و پارامترهای کیفی به دست آمده از این چاه‌ها ارائه می‌گردد. همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد، هر چه تعداد چاه‌های آب موجود در منطقه مطالعاتی بیشتر باشند، رابطه به دست آمده بین نتایج تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژ مقاومت ویژه الکتریکی و پارامترهای کیفی به دست آمده از این چاه‌ها به واقعیت نزدیک‌تر است. اما با توجه به این که در این منطقه فقط هفت چاه آب وجود دارد، بنابراین برای ایجاد رابطه مذکور فقط از پارامترهای کیفی به دست آمده از این چاه‌ها استفاده می‌شود. هفت چاه آب موجود در منطقه مطالعاتی عبارتند از چاه‌های واقع در مرزین، سرکهریزا، حالت قلی، قزلچه آق امام و سه چاه در نوده خاندوز. در شکل ۶-۱ موقعیت سونداژهای الکتریکی برداشت شده در منطقه خرمالو، موقعیت چاه‌های آب موجود در منطقه و نیز موقعیت سونداژهای برداشت شده در مجاورت این چاه‌ها نشان داده شده است.

پارامترهای کیفی به دست آمده از این هفت چاه آب، در ماه اردیبهشت سال ۱۳۷۵ اندازه‌گیری شده‌اند. در حالی که داده‌های سونداژهای مقاومت ویژه الکتریکی در ماه شهریور سال ۱۳۷۵ برداشت شده‌اند. لازم به ذکر است که با توجه به تغییرات تدریجی پارامترهای کیفی آب نسبت به زمان و با در نظر گرفتن تأثیر این تغییرات تدریجی بر روی مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌های آبدار، هر چه اختلاف زمان برداشت دو سری داده فوق کمتر باشد، نتایج روابط خطی به دست آمده بین آن‌ها به واقعیت نزدیک‌تر است. اطلاعات هیدرولوژیکی اندازه‌گیری شده از چاه‌های مذکور شامل آنالیز کیفی آب (آنیون‌ها و کاتیون‌ها) و پارامترهای مهمی از قبیل EC، TDS و pH می‌باشند.

مشخصات الکتریکی لایه آبدار موجود در زیر سونداژ الکتریکی نزدیک به هر چاه را می‌توان به لایه آبدار موجود در چاه مجاور آن‌ها نسبت داد اما با توجه به فاصله چاه‌های آب از محل برداشت سونداژهای الکتریکی مجاور آن‌ها، این عمل باعث ایجاد خطایی جزئی در نتایج روابط خطی به دست آمده بین دو سری داده مذکور می‌شود که از آن چشم‌پوشی می‌شود.



شکل ۶-۱- موقعیت سونداژهای الکتریکی برداشت شده در منطقه خرمالو، موقعیت چاه‌های آب موجود در منطقه و نیز

موقعیت سونداژهای مجاور این چاه‌ها

در این شکل، نقاط برداشت سونداژهای الکتریکی قائم با علامت ▼ و موقعیت چاه‌های آب موجود در منطقه با علامت ● نشان داده شده است.

نتایج کامل تفسیر یک‌بعدی داده‌های سونداژهای فوق‌الذکر با استفاده از منحنی‌های مادر (تفسیر دستی) و نرم افزارهای VES و IpI2win، در فصل چهارم ارائه شد. در جدول ۶-۱ محل چاه‌های آب موجود در منطقه و مختصات UTM آن‌ها و نیز مقادیر عددی TDS و EC آورده شده است.

جدول ۶-۱ نام و محل چاه‌های آب موجود در منطقه و مختصات UTM آن‌ها به همراه مقادیر عددی TDS و EC

محل چاه آب	مختصات UTM		پارامترهای کیفی آب	
	X	Y	TDS (mg/l)	EC ($\mu\text{S/cm}$)
مرزین	۳۴۱۳۸۶	۴۱۰۵۵۵۲	۵۵۰	۸۵۰
سرکهریزا	۳۴۱۴۷۴	۴۱۰۵۰۱۸	۵۲۷	۸۷۶
حالت قلی	۳۴۳۳۷۵	۴۱۱۱۴۶۶	۵۸۰	۷۵۰
قرلچه آقی امام	۳۴۳۴۴۶	۴۱۱۰۴۶۸	۶۲۷	۱۰۳۵
نوده خاندوز	۳۴۱۴۶۲	۴۱۰۴۰۳۹	۸۰۵	۱۱۳۴
نوده خاندوز	۳۴۰۴۹۵	۴۱۰۶۸۷۴	۷۰۰	۹۸۷
نوده خاندوز	۳۴۲۴۶۹	۴۱۰۵۶۵۷	۶۹۰	۱۱۷۵

در جدول ۶-۲ نیز محل چاه‌های آب موجود در منطقه، نام و مختصات UTM سونداژ برداشت شده در مجاورت هر چاه و مشخصات لایه آبدار موجود در زیر هر سونداژ آورده شده است.

با توجه به نقشه زمین‌شناسی منطقه (شکل ۳-۱)، چاه‌های آب موجود در منطقه مطالعاتی در رسوبات آبرفتی واقع شده‌اند. با در نظر گرفتن این که این رسوبات آبرفتی ترکیبی از دانه‌های ماسه و سیلت می‌باشند و با توجه به جدول ۲-۱ (در این جدول، تخلخل ماسه در محدوده ۵۰-۲۵ درصد و تخلخل سیلت در محدوده ۵۰-۳۵ درصد تغییر می‌کند)، می‌توان مقدار متوسط تخلخل را در این رسوبات برابر با ۴۰ درصد در نظر گرفت.

جدول ۶-۲- نام و محل چاه‌های آب موجود در منطقه و فاصله تا سونداژ مجاورش، نام و مختصات UTM سونداژ مجاور چاه و مشخصات لایه آبدار موجود در زیر هر سونداژ

محل چاه	نام سونداژ مجاور چاه	مختصات UTM سونداژ		مشخصات لایه آبدار موجود در زیر سونداژ			فاصله سونداژ از چاه مجاورش بر حسب متر
		X	Y	مقاومت ویژه	عمق	ضخامت	
مرزین	D-6	۳۴۱۴۳۴	۴۱۰۵۵۱۵	۴۰	۱۷	۳۵	۶۰
سرکهریزا	D-7	۳۴۱۴۳۴	۴۱۰۴۹۸۸	۴۲	۱۱	۱۲	۵۰
حالت قلی	B-1	۳۴۳۴۱۱	۴۱۱۱۴۸۳	۴۱	۹۰	۸۲	۳۹
قزلچه آق امام	B-2	۳۴۳۴۱۱	۴۱۱۰۴۴۰	۳۵	۴۷	۷۰	۴۴
نوده خاندوز	D-8	۳۴۱۴۳۴	۴۱۰۴۰۱۶	۲۹	۱۳	۲۲	۳۶
نوده خاندوز	E-2	۳۴۰۴۶۸	۴۱۰۶۸۷۹	۳۸	۱۵	۵	۲۷
نوده خاندوز	C-6	۳۴۲۴۲۷	۴۱۰۵۶۴۳	۳۳	۱۴	۱۵	۴۴

برای محاسبه فاکتور سازندی با استفاده از تخلخل، می‌توان از رابطه (۲-۵) استفاده کرد. همان-
 طور که در فصل دوم نیز ذکر شد، در این معادله مقدار کمیت a در محدوده ۲/۴۵-۰/۶۲ و مقدار
 کمیت m در محدوده ۲/۱۵-۱/۰۸ تغییر می‌کند [مرادزاده و قوامی ریایی ۱۳۸۶].

با توجه به مطالعات مشابه صورت گرفته در ایالت شیکاگو بر روی رسوبات آبرفتی، برای این
 رسوبات مقادیر ثابت $a=1$ و $m=2$ را در نظر گرفته می‌شود [Carpenter et al, 2009].

حال با توجه به رابطه (۲-۵) مقدار تقریبی فاکتور سازندی برای این رسوبات برابر با ۶/۲۵ به
 دست می‌آید. هدف از محاسبه فاکتور سازندی، به دست آوردن مقاومت ویژه آب داخل سازندهای
 موجود در زیر سونداژهایی است که در مجاورت چاه‌های آب مذکور اجرا شده‌اند. با در نظر گرفتن
 رابطه (۲-۴) و با توجه به این که مقادیر مقاومت ویژه سازندهای اشباع از آب (R_0) از طریق تفسیر
 یک‌بعدی داده‌های سونداژ الکتریکی به دست آمده و در جدول ۲-۶ ثبت شده‌اند، با فرض مقدار

تقریبی $F=6/25$ برای این رسوبات آبرفتی، مقادیر مقاومت ویژه آب سازندی (R_w) برای لایه‌های آبدار موجود در زیر هر سونداژ، مطابق جدول ۳-۶ محاسبه می‌شود.

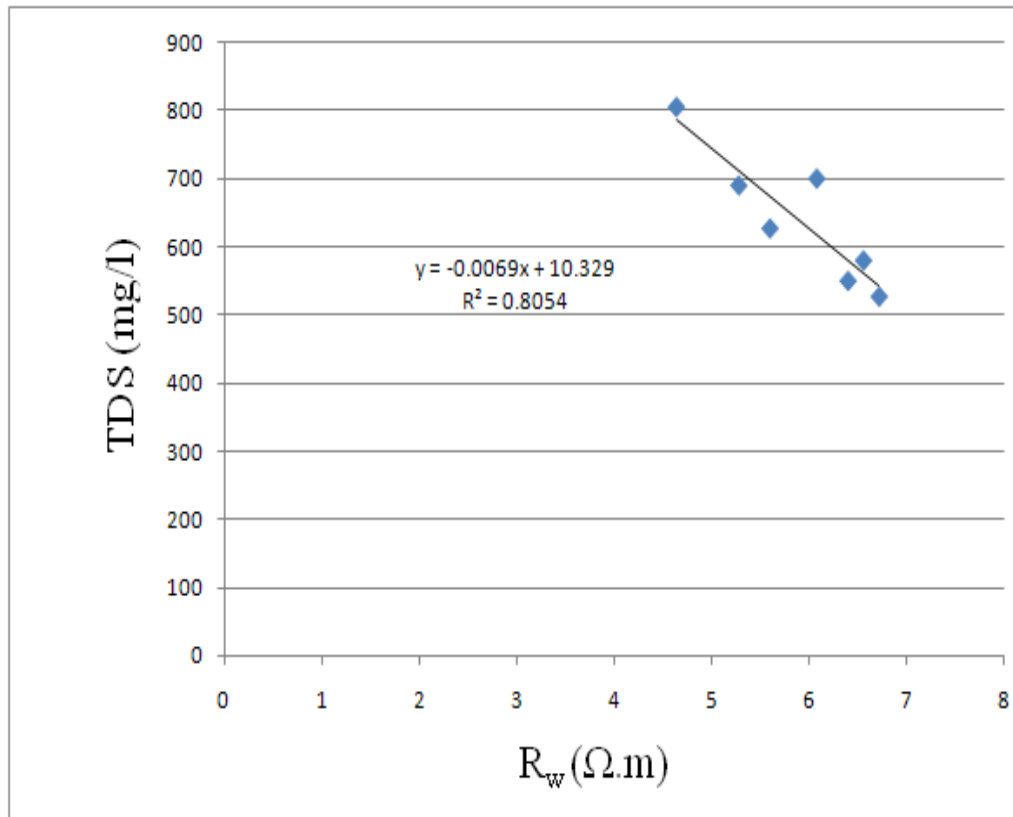
جدول ۳-۶- محل چاه آب و سونداژ مجاور آن، مقاومت ویژه سازند اشباع از آب و مقاومت ویژه آب داخل سازند برای لایه‌های آبدار موجود در زیر هر سونداژ

مقاومت ویژه آب داخل سازند (R_w)	مقاومت ویژه سازند اشباع از آب (R_o)	نام سونداژ مجاور چاه	محل چاه آب
۶/۴	۴۰	D-6	مرزین
۶/۷۲	۴۲	D-7	سرکهریزا
۶/۵۶	۴۱	B-1	حالت قلی
۵/۶	۳۵	B-2	قزلیچه آق امام
۴/۶۴	۲۹	D-8	نوده خاندوز
۶/۰۸	۳۸	E-2	نوده خاندوز
۵/۲۸	۳۳	C-6	نوده خاندوز

در این مرحله، بین مقادیر R_w (جدول ۳-۶) و مقادیر TDS و EC (جدول ۶-۱)، با استفاده از روش رگرسیون رابطه خطی برقرار می‌کنیم. قبلاً اشاره شد که وینسنز، ورتینگتون، آنگماخ و غیره، از روش رگرسیون، برای ایجاد رابطه خطی بین پارامترهای کیفی آبخوان و داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی به دست آمده از سونداژزنی الکتریکی قائم استفاده کرده‌اند. لازم به ذکر است که برای رسم نمودارهای رگرسیون و به دست آوردن روابط خطی موجود بین پارامترهای فوق الذکر، از نرم افزار Excel استفاده شده است.

ابتدا به بررسی رابطه خطی بین مقادیر R_w و TDS پرداخته می‌شود. در شکل ۲-۶ نمودار رابطه خطی بین این دو پارامتر نشان داده شده است. همان‌طور که گفته شد، تغییرات مقدار کل مواد جامد حل شده (TDS) در آب سازندی، بر روی مقدار مقاومت ویژه آن (R_w) تأثیر می‌گذارد. بنابراین در این

نمودار، پارامتر TDS به عنوان متغیر مستقل و پارامتر (R_w) به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته می-شود.



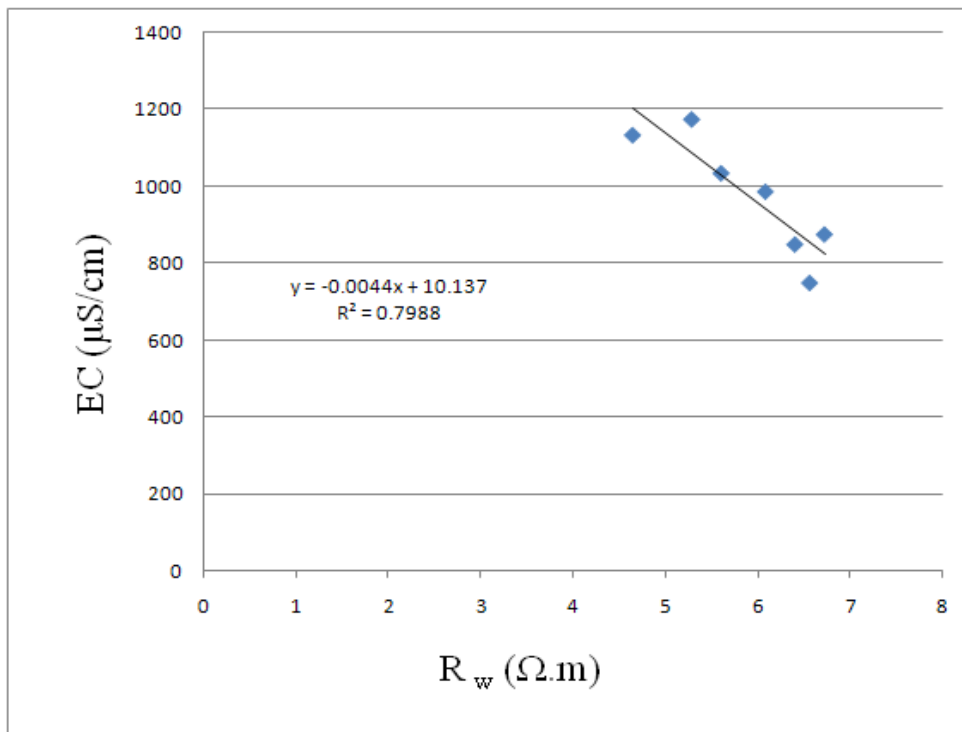
شکل ۶-۲- نمودار رگرسیون خطی بین مقادیر R_w و TDS

با توجه به شکل ۶-۲ رابطه بین مقادیر R_w و TDS به صورت زیر می‌باشد:

$$R_w = -0.0069 \text{ TDS} + 10.329 \quad (7-6)$$

ضریب همبستگی (R^2) رابطه خطی فوق، ۰/۸۰۵۴ است که نشان‌دهنده همبستگی نسبتاً خوبی بین مقادیر R_w و TDS می‌باشد. این رابطه نشان‌دهنده آن است که با افزایش مقدار کل مواد جامد حل شده در آب سازندی، رسانایی آن افزایش و در نتیجه مقاومت ویژه آن کاهش می‌یابد.

حال رابطه خطی بین مقادیر R_w و EC را به دست می آوریم. در شکل ۳-۶ نمودار رابطه خطی بین این دو پارامتر نشان داده شده است. با توجه به آن که تغییرات هدایت الکتریکی (EC) آب سازندی، بر روی مقدار مقاومت ویژه آن (R_w) تأثیر می گذارد، بنابراین در این نمودار، پارامتر EC به عنوان متغیر مستقل و پارامتر R_w به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته می شود.



شکل ۳-۶- نمودار رگرسیون خطی بین مقادیر R_w و EC

با توجه به شکل ۳-۶ رابطه بین مقادیر R_w و EC به صورت زیر می باشد:

$$R_w = -0.0044 EC + 10.137 \quad (۳-۶)$$

به طور کلی با افزایش مقدار هدایت الکتریکی آب موجود در لایه های آبدار، مقاومت ویژه آن کاهش می یابد. رابطه به دست آمده در منطقه نشان دهنده چگونگی این ارتباط است و همبستگی نسبتاً خوبی بین مقادیر R_w و EC برقرار می باشد.

با استفاده از تحلیل آماری چند متغیره و با استفاده از نرم افزار Excel رابطه بین متغیر R_w با مقادیر EC و TDS به صورت معادله (۹-۶) بدست آمده است. این رابطه سهم هر یک از پارامترهای EC و TDS را در مقدار R_w را در منطقه مطالعاتی نشان می دهد.

$$R_w = -0.0039 EC - 0.0024 TDS + 10.753 \quad (9-6)$$

۴-۶- نتیجه گیری

با توجه به روابط خطی به دست آمده بین پارامترهای کیفی آب اندازه گیری شده از چاه های آب موجود در منطقه و داده های مقاومت ویژه به دست آمده از سونداژهای الکتریکی اجرا شده در مجاورت این چاه ها (روابط ۶-۷ و ۶-۸ و ۶-۹) و با در نظر گرفتن ضرایب همبستگی به دست آمده برای هر کدام از این روابط، مشخص است که در این منطقه، همبستگی نسبتاً خوبی بین این دو سری پارامتر وجود دارد. بنابراین، با تعمیم این رابطه در کل منطقه مطالعاتی (با وجود تعداد کم چاه های آب در منطقه) می توان با در دست داشتن داده های مقاومت ویژه لایه های آبدار موجود در زیر سطح زمین در محل هر سونداژ، تخمینی را از پارامترهای کیفی این لایه ها به دست آورد. باز هم تاکید می شود هر چه فاصله سونداژها تا محل چاه ها کمتر باشد روابط به دست آمده به واقعیت نزدیک تر خواهد شد.

فصل هفتم

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۷-۱- نتیجه گیری

۱- با توجه به روابط خطی به دست آمده بین داده‌های سونداژ مقاومت ویژه و پارامترهای هیدرولوژیکی به دست آمده از چاه‌های آب (روابط ۶-۷ و ۶-۸ و ۶-۹) و با در نظر گرفتن ضریب همبستگی (R^2) به دست آمده برای دو رابطه مذکور، مشخص می‌شود که در این منطقه، همبستگی خوبی بین این دو سری داده وجود دارد. بنابراین، با اجرای سونداژهای الکتریکی قائم و به دست آوردن خواص الکتریکی لایه‌های آبدار موجود در منطقه، می‌توان پارامترهای کیفی این لایه‌ها را به کمک روابط فوق و با دقت قابل قبولی تخمین زد.

۲- نتایج تفسیر یک‌بعدی و دوبعدی داده‌های مقاومت ویژه به دست آمده از سونداژهای الکتریکی قائم، مقادیر بالای مقاومت ویژه الکتریکی را در قسمت میانی منطقه مطالعاتی تأیید می‌کنند. بنابراین، می‌توان فهمید که عمق سنگ بستر و ضخامت رسوبات در این قسمت‌ها کمتر از سایر نواحی است. از طرفی با توجه به نقشه‌های هم‌مقاومت ویژه ظاهری برای فواصل الکترودی مختلف، می‌توان دریافت که مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌های زمین در این مناطق بالاست. علت این امر (همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد) عمق کمتر سنگ بستر و برآمدگی سنگ کف در این نواحی می‌باشد.

۷-۲- پیشنهادها

بر اساس نتایج حاصل و با توجه به مطالعات صورت گرفته، موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

۱- در روش مقاومت ویژه، تشخیص وجود رس در لایه‌های آبدار عملاً بسیار مشکل یا غیر ممکن است. در صورتی که با استفاده از روش پلاریزاسیون القایی (IP) به راحتی می‌توان

وجود رس یا لایه‌های رسی را تشخیص داد. به همین منظور روش پلاریزاسیون القایی (IP) می‌تواند به عنوان یک روش مناسب برای کنترل صحت تفسیرهای انجام شده و رفع برخی از ابهامات موجود (به عنوان مثال وجود رس در لایه‌های آبدار) مورد استفاده قرار گیرد.

۲- با تعمیم روابط (۶-۷) و (۶-۸) و (۶-۹) در کل منطقه عملیاتی، می‌توان با استفاده از برداشت‌های مقاومت ویژه الکتریکی و تفسیر داده‌های خام به دست آمده از این طریق و تعیین خواص الکتریکی لایه‌های آبدار در نقاط فاقد چاه، پارامترهای کیفی آب (مانند TDS و EC) را در این نقاط تخمین زد. این کار باعث صرفه‌جویی قابل توجهی در وقت و هزینه می‌گردد. البته همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد، هر چه تعداد چاه‌های آب موجود در منطقه بیشتر و فواصل نقاط اجرای سونداژهای الکتریکی از این چاه‌ها کمتر باشند، روابط به دست آمده از این طریق به واقعیت نزدیک‌تر است.

فهرست منابع

- ۱- باقری ص، (۱۳۸۶)، پایان نامه ارشد: " بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی سفره آب زیرزمینی دشت سراب " دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، ص ۷ و ۸.
- ۲- حجت آ، (۱۳۸۲)، پایان نامه ارشد: " مطالعات ژئوالکتریک جهت بررسی آبهای زیرزمینی و ساختارهای زمین شناسی در محدوده آنومالی شماره ۳ معدن سنگ آهن گل گهر " دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، ص ۳۶-۴۰.
- ۳- سازمان آب منطقه‌ای گلستان، (۱۳۷۵)، گزارش مهندسین مشاور صحراکاو، "مطالعات الکتریک مخروط افکنه خرمالو"، ص ۱-۷.
- ۴- صداقت م، (۱۳۸۵) " زمین و منابع آب " جلد اول، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه پیام نور، ص ۷ و ۸.
- ۵- کلاگری ع.ا، (۱۳۷۱) " اصول اکتشافات ژئوفیزیکی " چاپ اول، انتشارات دانشگاه تبریز، ص ۱۸۰.
- ۶- مدنی ح، (۱۳۸۶) " آبکشی و آبرسانی در معادن " چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)، ص ۱۸-۲۲.
- ۷- مرادزاده ع، قوامی ریابی ر، (۱۳۸۶) " چاه پیمایی برای مهندسین " جلد اول، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، ص ۱۸-۲۲.
- ۸- نخعی م، لشکری پور غ، (۱۳۸۲)، نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم، جلد ۳، شماره ۱، تخمین تخلخل و آبدهی ویژه در آبخوان دشت شورو با استفاده از داده‌های مقاومت ویژه و روابط تجربی، ص ۱۹۱-۲۰۰.
- 9- Asfahani, J., 2007, Electrical earth resistivity surveying for delineating the characteristics of ground water in a semi-arid region in the Khanasser Valley, Vol 2 ,Geology Department, Atomic Energy Commission, Syria., pp. 1085-1097.
- 10- Asfahani, J., 2007, Neogene aquifer properties specified through the interpretation of electrical sounding data, Vol 2 Salamieyeh region, Geology Department, Atomic Energy Commission, Syria., pp. 2934-2943.

- 11- Barker, R., Moore, J., 1998, The application of time-lapse electrical tomography in groundwater studies, *The Leading Edge*, 17, pp. 1454-1458.
- 12- Bernard, J., 2003, Short note on the principles of geophysical methods for groundwater investigations.
- 13- Carpenter, P. J., Aizhong, D., Lirong, C., 2009, Apparent formation factor for leachate-saturated waste and sediments: Examples from the USA and China, *Journal of Earth Science*, Vol. 20, No. 3, Department of Geology and Environmental Geosciences, Northern Illinois University, DeKalb, IL 60115, USA., pp. 606-617.
- 14- Corvallis, O. R., 2000, D.C. Resistivity methods, Northwest Geophysical Associates, Inc.
- 15- Domenico, P. A., Schwartz, F. W., 1998, *Physical and Chemical Hydrogeology*, Vol 1, second edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- 16- Ginzburg, A., Levanon, A., 1976, Determination of a salt-water interface by electric resistivity depth soundings, Department of Environmental Sciences, Tel Aviv University, Ramat Aviv, Israel., pp. 561-568.
- 17- Loke ,M.H.1994. The inversion of two-dimensional resistivity data .Unpubl.PhD thesis, Un. Of Birmingham.
- 18- Milson, J., 1989, Field geophysics, *Geological Society of London Handbook Series.*, pp. 90-97.
- 19- Mooney, H. M., 1980, *Handbook of Engineering Geophysics: Vol.2: Electrical resistivity*, Bison Instruments, Inc.
- 20- Reynolds, J. M., 1997, *An Introduction to applied and environmental geophysics*, pp. 418-459.
- 21- Seaton, W. J., Burbey, T. J., 2002, Evaluation of two-dimensional resistivity methods in a fractured crystalline-rock terrane, *Journal of Applied Geophysics*, Department of Geological Sciences, Virginia Tech, Blacksburg, VA 24061-0420, USA., pp. 21-41.

- 22- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., 1990, Applied Geophysics, second edition, Cambridge University Press.
- 23- Vogelsang, D., 1995, Environmental geophysics, Springer-Verlag.
- 24- Weight, W. D., Sonderegger, J. L., 2001, Manual of applied field hydrogeology, Vol 1, Second Edition, McGraw- Hill.
- 25- www.ngdir.ir
- 26- Zonge Engineering and Research Organization, 1994, The application of Surface Electrical Geophysics to groundwater problems, Electrical Geophysics Seminar Notes., pp. 2-15.

پیوست ها

پیوست شماره ۱- مقادیر مقاومت ویژه به دست آمده از سونداژهای الکتریکی اجرا شده در منطقه خرمالو (بر حسب اهم متر).

AB/2(m)	MN(m)	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
۳	۲	۱۲/۰۱	۳۰/۵۹	۱۴/۴۵	۲۷/۳۵	۲۶/۵۴
۵	۲	۱۱/۹۲	۲۲/۳۸	۱۲/۵۴	۳۴/۴۵	۳۴/۲۷
۷	۲	۱۳/۵۲	۲۰/۱۹	۱۱/۹۰	۴۷/۹۶	۴۹/۱۹
۱۰	۲	۱۴/۲۶	۱۹/۱۶	۱۰/۲۶	۵۸/۳۵	۵۷/۹۳
۱۰	۵	۱۴/۹۶	۲۱/۵۵	۱۱/۵۰	۵۰/۹۷	۵۱/۰۰
۱۵	۵	۱۶/۴۳	۲۲/۶۶	۱۰/۸۷	۶۸/۷۸	۶۷/۰۲
۲۰	۵	۱۶/۷۴	۲۳/۱۳	۹/۸۲	۷۴/۷۱	۷۷/۰۰
۳۰	۵	۱۷/۷۶	۲۱/۳۳	۱۰/۶۹	۹۰/۷۹	۹۲/۵۴
۴۰	۵	۱۶/۶۹	۲۰/۸۸	۱۰/۳۲	۱۱۹/۷۷	۱۰۳/۸۹
۵۰	۵	۱۹/۹۱	۲۰/۸۶	۹/۲۲	۱۰۱/۵۸	۹۶/۷۱
۵۰	۲۰	۲۰/۴۶	۲۲/۱۵	۱۲/۸۲	۱۰۳/۸۷	۱۰۵/۱۷
۷۰	۵	۱۹/۳۶	۲۰/۰۰	۱۰/۵۳	۱۰۲/۰۲	۱۰۰/۲۴
۷۰	۲۰	۱۹/۷۶	۱۹/۸۱	۱۲/۳۶	۱۰۰/۶۱	۱۰۰/۵۶
۱۰۰	۲۰	۱۸/۹۸	۲۱/۱۶	۱۱/۸۶	۱۰۰/۷۸	۹۵/۸۵
۱۵۰	۲۰	۲۲/۵۱	۱۷/۵۹	۱۱/۵۲	۹۳/۸۹	۸۶/۱۶
۲۰۰	۲۰	۲۵/۲۰	۱۷/۰۸	۱۲/۸۲	۹۰/۲۰	۸۰/۹۵
۲۰۰	۸۰	۲۵/۵۵	۱۸/۵۴	۱۵/۷۲	۸۰/۰۲	۸۲/۷۳
۳۰۰	۲۰	۲۹/۷۳	۱۹/۶۹	۱۶/۱۴	۶۴/۵۶	۶۵/۵۶
۳۰۰	۸۰	۳۳/۰۲	۲۱/۲۰	۲۱/۴۴	۷۳/۰۸	۶۸/۵۰
۴۰۰	۸۰	۳۵/۸۹	۲۴/۶۰	۲۶/۲۶	۵۴/۷۶	۵۶/۹۴
۵۰۰	۸۰	۴۱/۰۵	۲۶/۴۶	۲۹/۲۶	۵۲/۶۸	۵۱/۹۶

AB/2(m)	MN(m)	A-6	A-7	A-8	B-1	B-2
۳	۲	۱۷/۶۷	۶۱/۵۲	۶۱/۰۱	۲۲/۳۷	۱۵/۹۷
۵	۲	۲۰/۳۶	۶۹/۸۲	۷۵/۴۰	۲۱/۵۷	۱۵/۰۸
۷	۲	۲۲/۰۵	۹۴/۲۵	۹۵/۲۸	۲۳/۵۱	۱۴/۸۷
۱۰	۲	۲۳/۸۶	۱۰۹/۶۳	۱۱۶/۲۴	۲۲/۵۸	۱۲/۵۵
۱۰	۵	۲۳/۳۳	۱۰۴/۱۱	۱۰۴/۷۰	۲۶/۱۱	۱۲/۴۸
۱۵	۵	۲۶/۸۶	۱۴۲/۵۳	۶۸/۷۲	۲۰/۷۳	۱۲/۰۶
۲۰	۵	۲۷/۷۱	۱۲۱/۲۳	۵۵/۸۸	۲۱/۱۶	۱۳/۷۳
۳۰	۵	۴۰/۸۴	۸۵/۶۴	۶۰/۱۷	۱۸/۷۲	۱۳/۲۰
۴۰	۵	۵۵/۲۰	۵۰/۷۴	۶۷/۲۴	۱۵/۹۹	۱۳/۷۳
۵۰	۵	۶۷/۱۵	۳۸/۲۳	۷۵/۵۳	۱۵/۲۱	۱۵/۰۵
۵۰	۲۰	۶۴/۳۶	۵۰/۱۱	۶۵/۰۰	۱۸/۳۰	۱۵/۶۸
۷۰	۵	۷۳/۰۰	۴۹/۳۶	۸۶/۸۳	۱۰/۷۴	۱۴/۹۶
۷۰	۲۰	۸۱/۱۰	۶۲/۱۵	۷۹/۶۵	۱۴/۲۲	۱۵/۵۳
۱۰۰	۲۰	۹۸/۶۳	۷۰/۷۶	۹۲/۶۹	۱۲/۱۷	۱۵/۴۳
۱۵۰	۲۰	۱۱۳/۷۷	۶۷/۳۶	۱۰۱/۸۱	۱۴/۴۲	۱۶/۱۸
۲۰۰	۲۰	۹۸/۴۵	۷۹/۸۸	۹۶/۲۴	۱۹/۰۸	۱۸/۲۷
۲۰۰	۸۰	۱۰۶/۷۴	۱۰۳/۴۰	۹۸/۴۱	۱۹/۹۹	۱۸/۸۵
۳۰۰	۲۰	۷۶/۳۱	۸۱/۶۹	۱۰۰/۴۶	۲۸/۰۸	۲۱/۰۴
۳۰۰	۸۰	۸۶/۷۹	۹۸/۹۴	۸۳/۵۵	۲۹/۷۰	۲۲/۸۷
۴۰۰	۸۰	۶۸/۲۷	۸۱/۷۵	۷۰/۸۴	۳۵/۷۰	۲۸/۷۴
۵۰۰	۸۰	۶۵/۰۲	۶۹/۶۸	۵۹/۳۰	۴۴/۱۸	۳۱/۸۲

AB/2(m)	MN(m)	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7
۳	۲	۱۳/۸۸	۱۹/۳۳	۱۳/۸۵	۱۹/۲۲	۵۹/۴۹
۵	۲	۱۳/۹۴	۲۱/۱۰	۱۴/۹۶	۱۹/۷۳	۶۶/۴۸
۷	۲	۱۳/۵۵	۲۷/۲۱	۱۸/۲۵	۲۰/۷۳	۶۷/۲۳
۱۰	۲	۱۱/۷۵	۳۳/۶۱	۲۲/۶۹	۲۳/۱۱	۷۵/۹۴
۱۰	۵	۱۲/۵۵	۳۱/۵۱	۲۱/۶۲	۲۰/۸۸	۸۲/۲۰
۱۵	۵	۱۱/۷۵	۴۲/۵۲	۲۵/۶۶	۲۹/۲۸	۱۰۸/۵۸
۲۰	۵	۱۱/۲۰	۵۰/۱۰	۳۱/۵۰	۳۲/۶۳	۱۱۶/۶۹
۳۰	۵	۱۰/۹۴	۵۲/۵۱	۴۳/۹۳	۴۱/۲۷	۱۲۶/۷۰
۴۰	۵	۱۳/۴۲	۵۴/۰۰	۴۱/۳۱	۵۲/۴۵	۱۱۶/۱۶
۵۰	۵	۱۳/۷۱	۵۶/۹۶	۵۰/۰۲	۶۰/۵۷	۱۳۳/۷۱
۵۰	۲۰	۱۶/۹۳	۵۷/۸۲	۵۴/۳۷	۶۷/۶۴	۱۴۳/۴۹
۷۰	۵	۱۳/۵۰	۵۱/۸۳	۵۰/۹۳	۷۴/۵۵	۱۴۷/۱۵
۷۰	۲۰	۱۵/۹۷	۵۳/۳۵	۵۸/۸۸	۷۴/۴۷	۱۵۶/۲۳
۱۰۰	۲۰	۱۴/۷۸	۴۲/۹۷	۶۱/۰۳	۸۸/۴۳	۱۵۶/۹۷
۱۵۰	۲۰	۱۴/۲۳	۳۴/۰۵	۵۴/۱۹	۹۴/۳۶	۱۴۹/۳۷
۲۰۰	۲۰	۱۲/۲۵	۲۷/۰۹	۴۶/۴۶	۱۰۶/۹۸	۱۲۹/۱۹
۲۰۰	۸۰	۱۴/۹۱	۲۴/۸۱	۵۲/۸۸	۱۱۱/۲۶	۱۳۰/۷۹
۳۰۰	۲۰	۱۶/۰۲	۲۱/۷۶	۳۱/۹۵	۱۰۵/۶۱	۱۰۲/۸۸
۳۰۰	۸۰	۱۷/۰۵	۲۱/۰۶	۳۵/۵۴	۱۱۳/۱۹	۱۰۳/۸۰
۴۰۰	۸۰	۲۰/۸۲	۲۶/۹۶	۲۸/۰۹	۵۰/۴۴	۷۹/۹۵
۵۰۰	۸۰	۲۲/۴۸	۳۲/۱۶	۳۷/۵۴	۳۹/۰۲	۶۹/۹۱

AB/2(m)	MN(m)	B-8	C-1	C-2	C-3	C-4
۳	۲	۳۰/۳۶	۲۲/۷۸	۲۲/۵۹	۸۵/۸۳	۱۸۴/۴۹
۵	۲	۳۳/۳۱	۲۳/۴۵	۱۹/۰۲	۱۱۲/۵۱	۲۲۶/۳۵
۷	۲	۳۶/۲۲	۲۶/۲۴	۱۷/۹۷	۱۳۵/۶۸	۲۸۳/۹۱
۱۰	۲	۳۶/۰۸	۲۷/۲۵	۲۱/۰۳	۱۶۰/۰۳	۳۱۸/۳۶
۱۰	۵	۳۵/۳۴	۲۶/۲۱	۲۱/۴۶	۱۶۷/۸۵	۴۴۵/۶۵
۱۵	۵	۳۸/۱۱	۲۶/۸۵	۲۵/۷۸	۱۴۸/۱۱	۳۳۹/۴۹
۲۰	۵	۴۵/۳۹	۲۵/۱۷	۳۳/۰۵	۱۱۹/۵۸	۳۴۳/۷۴
۳۰	۵	۵۱/۱۴	۲۴/۹۳	۴۲/۳۰	۸۶/۳۹	۲۲۳/۷۸
۴۰	۵	۶۴/۹۰	۲۵/۹۶	۴۸/۰۹	۹۲/۲۳	۱۶۴/۲۳
۵۰	۵	۶۹/۷۶	۲۵/۲۶	۵۵/۹۶	۱۳۲/۰۶	۱۷۶/۴۴
۵۰	۲۰	۶۷/۱۴	۲۸/۰۱	۶۴/۴۰	۸۹/۰۶	۱۴۶/۳۷
۷۰	۵	۸۲/۴۳	۲۴/۸۹	۶۳/۷۶	۱۴۲/۱۷	۱۶۹/۱۲
۷۰	۲۰	۷۹/۶۲	۲۵/۰۰	۶۹/۴۱	۱۲۵/۰۹	۱۳۰/۱۷
۱۰۰	۲۰	۹۵/۰۳	۲۲/۶۳	۶۸/۴۷	۱۰۸/۶۲	۱۳۴/۲۶
۱۵۰	۲۰	۱۰۳/۴۹	۲۲/۵۹	۵۹/۷۴	۵۰/۴۵	۱۲۱/۹۴
۲۰۰	۲۰	۹۰/۸۱	۲۳/۵۶	۴۸/۱۵	۵۰/۱۴	۱۱۵/۵۴
۲۰۰	۸۰	۹۴/۲۵	۲۱/۳۳	۴۸/۷۸	۵۶/۹۷	۱۱۸/۸۵
۳۰۰	۲۰	۸۵/۰۱	۲۹/۷۳	۳۳/۲۸	۳۲/۲۹	۱۱۱/۴۹
۳۰۰	۸۰	۷۷/۷۴	۲۷/۸۸	۳۴/۹۵	۴۲/۹۵	۱۰۸/۷۶
۴۰۰	۸۰	۶۹/۵۶	۳۴/۵۶	۳۶/۰۹	۴۶/۹۵	۱۰۱/۶۸
۵۰۰	۸۰	۵۵/۱۳	۴۲/۱۷	۳۹/۷۹	۴۱/۸۱	۹۰/۰۴

AB/2(m)	MN(m)	C-5	C-6	C-7	C-8	D-1
۳	۲	۳۰/۷۸	۱۸/۴۹	۱۰۴/۸۷	۲۵/۹۱	۷۲/۲۷
۵	۲	۳۴/۹۷	۱۹/۰۲	۶۴/۸۸	۲۶/۴۷	۱۰۰/۶۳
۷	۲	۳۶/۲۲	۱۹/۵۸	۵۴/۷۹	۲۶/۶۷	۱۳۰/۲۳
۱۰	۲	۳۵/۶۴	۱۹/۵۸	۶۴/۸۹	۲۵/۷۰	۱۲۰/۷۳
۱۰	۵	۳۶/۲۰	۱۹/۹۱	۵۵/۲۴	۲۴/۵۰	۱۱۲/۹۰
۱۵	۵	۳۸/۰۴	۱۹/۷۰	۵۴/۵۳	۲۵/۲۱	۱۱۴/۵۰
۲۰	۵	۴۴/۰۹	۲۰/۹۹	۴۴/۹۷	۲۲/۹۶	۱۰۶/۳۸
۳۰	۵	۵۰/۳۴	۲۴/۷۵	۳۰/۲۴	۱۹/۷۵	۹۶/۰۶
۴۰	۵	۵۹/۷۰	۲۷/۵۵	۲۹/۴۵	۱۹/۴۴	۱۰۵/۶۷
۵۰	۵	۶۵/۵۰	۳۳/۸۵	۲۵/۰۷	۲۲/۰۴	۱۲۰/۵۳
۵۰	۲۰	۶۶/۳۷	۳۴/۳۳	۳۰/۶۵	۲۲/۹۱	۱۱۳/۶۶
۷۰	۵	۴۴/۹۷	۴۲/۴۲	۲۳/۴۴	۲۰/۹۴	۱۲۸/۷۱
۷۰	۲۰	۷۸/۳۶	۴۲/۸۴	۲۳/۸۲	۲۱/۴۸	۱۱۳/۹۷
۱۰۰	۲۰	۹۱/۹۲	۴۹/۱۹	۲۲/۲۱	۲۰/۹۹	۹۲/۸۴
۱۵۰	۲۰	۹۵/۰۷	۵۴/۹۸	۲۰/۷۹	۲۳/۶۰	۵۶/۴۸
۲۰۰	۲۰	۹۲/۶۰	۵۰/۰۴	۱۹/۸۸	۲۵/۲۲	۳۵/۸۵
۲۰۰	۸۰	۹۲/۲۶	۴۹/۸۹	۲۵/۷۷	۲۶/۰۶	۳۳/۴۴
۳۰۰	۲۰	۷۶/۴۶	۴۴/۱۳	۲۴/۰۸	۴۲/۶۳	۴۵/۸۹
۳۰۰	۸۰	۷۵/۰۸	۳۸/۸۳	۳۲/۳۰	۳۹/۱۲	۳۴/۷۱
۴۰۰	۸۰	۶۳/۱۴	۳۷/۲۹	۳۹/۷۹	۵۲/۶۱	۴۴/۲۷
۵۰۰	۸۰	۵۲/۳۲	۲۷/۲۹	۴۷/۵۴	۶۲/۸۰	۵۵/۳۰

AB/2(m)	MN(m)	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6
۳	۲	۷۲/۱۷	۳۸/۲۹	۲۷/۵۷	۲۵/۳۴	۳۱/۷۶
۵	۲	۱۰۰/۳۹	۳۲/۸۶	۳۱/۶۱	۲۷/۵۸	۲۵/۹۹
۷	۲	۱۲۷/۲۹	۳۴/۰۲	۳۶/۱۱	۳۲/۳۳	۲۵/۱۲
۱۰	۲	۱۲۶/۶۷	۳۳/۰۵	۴۰/۴۳	۳۵/۴۳	۲۳/۹۲
۱۰	۵	۱۱۷/۸۶	۳۴/۶۱	۳۷/۳۱	۳۵/۴۱	۲۳/۴۵
۱۵	۵	۱۱۸/۷۱	۳۹/۵۸	۴۱/۸۱	۳۹/۵۳	۲۱/۵۸
۲۰	۵	۱۰۱/۷۹	۴۵/۸۶	۴۸/۶۱	۴۳/۴۶	۲۲/۱۴
۳۰	۵	۱۵۴/۵۸	۵۴/۶۶	۵۸/۴۰	۴۹/۰۰	۲۹/۷۴
۴۰	۵	۱۷۱/۲۹	۶۵/۴۵	۵۹/۵۳	۵۳/۰۱	۳۳/۸۷
۵۰	۵	۱۸۱/۸۴	۷۱/۶۰	۶۶/۸۳	۵۹/۴۳	۳۶/۷۰
۵۰	۲۰	۱۴۳/۲۶	۷۱/۹۷	۷۰/۴۲	۶۳/۳۳	۴۱/۲۶
۷۰	۵	۱۵۰/۱۷	۸۱/۷۶	۵۹/۳۵	۶۲/۱۸	۴۴/۷۵
۷۰	۲۰	۱۵۳/۴۹	۷۸/۵۰	۶۵/۶۸	۶۷/۹۴	۴۸/۳۰
۱۰۰	۲۰	۷۲/۳۴	۷۶/۹۳	۶۷/۹۵	۷۰/۹۱	۵۷/۰۷
۱۵۰	۲۰	۴۵/۸۱	۶۷/۲۱	۸۱/۱۱	۸۰/۶۱	۵۷/۲۱
۲۰۰	۲۰	۴۰/۸۵	۵۶/۹۴	۷۳/۸۳	۷۷/۸۸	۵۰/۰۲
۲۰۰	۸۰	۳۳/۹۹	۶۰/۳۲	۸۱/۳۵	۷۹/۸۶	۵۳/۷۱
۳۰۰	۲۰	۳۸/۷۶	۴۵/۶۹	۵۷/۷۰	۵۹/۰۰	۳۹/۱۶
۳۰۰	۸۰	۳۳/۸۹	۴۸/۵۰	۶۲/۰۸	۵۶/۱۰	۳۶/۹۷
۴۰۰	۸۰	۴۴/۲۲	۴۵/۵۸	۵۹/۱۶	۴۵/۹۳	۳۳/۸۶
۵۰۰	۸۰	۵۱/۴۹	۳۷/۳۶	۴۷/۳۱	۴۲/۰۵	۲۷/۳۱

AB/2(m)	MN(m)	D-7	D-8	D-9	E-1	E-2
۳	۲	۲۸/۹۵	۱۸/۰۶	۱۶/۰۷	۱۷/۶۱	۱۷/۵۷
۵	۲	۲۸/۸۵	۱۹/۷۷	۱۵/۶۸	۱۷/۵۰	۱۷/۳۰
۷	۲	۳۰/۱۳	۲۲/۶۴	۱۶/۶۲	۱۹/۷۶	۱۹/۴۷
۱۰	۲	۲۹/۷۳	۲۲/۳۵	۱۴/۴۱	۲۳/۱۵	۲۳/۳۳
۱۰	۵	۳۲/۶۴	۲۱/۱۵	۱۵/۹۰	۲۲/۷۶	۲۲/۵۲
۱۵	۵	۳۰/۰۳	۲۱/۶۴	۱۵/۹۶	۳۰/۳۴	۳۰/۴۰
۲۰	۵	۳۱/۲۶	۲۰/۳۴	۱۴/۹۴	۴۱/۴۹	۴۲/۴۵
۳۰	۵	۲۷/۶۵	۱۸/۸۹	۱۵/۴۷	۵۵/۰۸	۵۳/۴۶
۴۰	۵	۲۳/۱۷	۱۹/۱۵	۱۳/۲۶	۷۱/۵۳	۶۳/۹۳
۵۰	۵	۲۳/۳۲	۱۹/۳۰	۱۳/۲۸	۷۸/۳۴	۷۵/۸۲
۵۰	۲۰	۲۲/۸۰	۲۰/۴۰	۱۶/۰۵	۸۲/۲۳	۸۳/۵۵
۷۰	۵	۲۰/۷۵	۱۹/۴۱	۱۴/۱۱	۸۰/۰۱	۷۸/۵۱
۷۰	۲۰	۲۰/۴۰	۱۹/۰۹	۱۵/۹۹	۹۰/۹۸	۸۱/۹۴
۱۰۰	۲۰	۲۲/۰۲	۱۸/۲۳	۱۷/۲۰	۹۴/۸۳	۸۸/۳۵
۱۵۰	۲۰	۲۳/۵۲	۱۷/۷۵	۲۰/۲۳	۸۰/۱۱	۷۴/۱۸
۲۰۰	۲۰	۲۲/۸۱	۱۸/۵۴	۲۰/۸۴	۷۱/۰۱	۷۱/۵۸
۲۰۰	۸۰	۲۶/۲۵	۲۱/۰۹	۲۲/۲۵	۷۵/۴۸	۷۴/۳۳
۳۰۰	۲۰	۲۸/۱۴	۲۲/۵۹	۲۱/۷۳	۷۴/۸۹	۶۸/۹۴
۳۰۰	۸۰	۳۱/۶۸	۲۴/۳۴	۲۳/۶۵	۷۹/۱۶	۶۶/۶۷
۴۰۰	۸۰	۳۷/۴۱	۳۰/۵۶	۲۴/۹۵	۷۳/۶۶	۷۰/۲۲
۵۰۰	۸۰	۴۱/۸۱	۳۲/۷۶	۲۷/۰۱	۷۵/۰۰	۸۰/۴۴

AB/2(m)	MN(m)	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7
۳	۲	۲۵/۱۱	۲۳/۷۱	۱۹/۸۶	۱۷/۰۰	۱۶/۲۴
۵	۲	۳۰/۲۶	۲۳/۴۴	۱۵/۴۶	۱۴/۹۰	۱۸/۴۸
۷	۲	۳۷/۹۴	۲۶/۷۹	۱۶/۳۶	۱۳/۱۹	۲۰/۲۵
۱۰	۲	۴۷/۲۸	۲۶/۹۴	۱۷/۱۶	۱۵/۸۳	۱۹/۹۵
۱۰	۵	۴۲/۴۵	۲۳/۱۶	۱۷/۰۲	۱۳/۹۰	۱۹/۴۴
۱۵	۵	۵۴/۱۸	۲۳/۰۴	۱۷/۲۲	۱۵/۱۹	۱۹/۳۲
۲۰	۵	۷۸/۴۸	۲۱/۹۱	۱۸/۶۲	۱۶/۲۳	۱۸/۱۴
۳۰	۵	۷۴/۹۲	۳۳/۰۷	۱۹/۷۲	۱۹/۱۱	۱۹/۴۴
۴۰	۵	۷۵/۱۰	۴۰/۱۶	۲۳/۸۶	۲۷/۴۲	۱۸/۵۲
۵۰	۵	۷۴/۱۴	۴۵/۷۲	۲۷/۸۱	۴۰/۲۹	۲۱/۱۷
۵۰	۲۰	۷۴/۹۶	۵۳/۲۳	۲۹/۲۹	۱۸/۴۹	۲۰/۵۲
۷۰	۵	۶۱/۵۰	۵۰/۰۵	۳۲/۷۴	۱۸/۷۹	۱۸/۹۰
۷۰	۲۰	۶۶/۴۴	۵۷/۲۲	۳۴/۶۴	۱۸/۸۵	۱۹/۷۹
۱۰۰	۲۰	۶۹/۳۵	۶۱/۷۰	۴۰/۹۲	۲۰/۴۷	۱۹/۹۹
۱۵۰	۲۰	۷۲/۱۸	۵۸/۵۱	۴۴/۹۳	۱۹/۵۸	۲۰/۰۳
۲۰۰	۲۰	۷۵/۸۷	۵۵/۱۷	۴۴/۱۲	۱۸/۲۹	۱۹/۹۲
۲۰۰	۸۰	۷۵/۶۹	۶۶/۸۳	۴۵/۷۳	۲۰/۰۰	۲۱/۱۲
۳۰۰	۲۰	۸۳/۵۳	۴۹/۶۴	۳۱/۰۱	۲۵/۸۰	۱۸/۳۴
۳۰۰	۸۰	۸۲/۷۳	۵۶/۴۶	۳۶/۳۶	۲۸/۷۰	۲۲/۹۳
۴۰۰	۸۰	۶۹/۹۰	۵۲/۱۱	۳۳/۷۳	۲۲/۲۶	۲۲/۳۹
۵۰۰	۸۰	۵۸/۲۳	۴۴/۲۲	۳۰/۰۴	۱۸/۴۳	۲۲/۰۰

AB/2(m)	MN(m)	E-8	E-9	F-1	F-2	F-3
۳	۲	۱۵/۵۵	۲۹/۱۳	۱۹/۳۹	۱۸/۳۲	۲۲/۷۲
۵	۲	۱۷/۰۷	۲۴/۱۳	۱۳/۸۹	۱۵/۹۷	۲۷/۹۲
۷	۲	۱۶/۵۰	۲۵/۲۷	۲۲/۱۲	۱۷/۶۳	۳۵/۰۲
۱۰	۲	۱۶/۵۲	۲۴/۸۸	۲۵/۹۹	۱۸/۱۴	۴۳/۵۴
۱۰	۵	۲۳/۳۳	۲۳/۹۲	۱۶/۹۱	۱۸/۴۷	۴۰/۰۰
۱۵	۵	۲۴/۵۳	۲۲/۲۴	۲۵/۷۲	۲۳/۷۱	۵۳/۴۰
۲۰	۵	۲۴/۷۴	۲۱/۷۷	۲۰/۲۴	۲۸/۳۷	۶۸/۱۷
۳۰	۵	۳۰/۲۶	۲۰/۵۳	۳۸/۱۳	۳۲/۷۶	۸۵/۷۵
۴۰	۵	۲۴/۴۳	۲۰/۶۵	۵۳/۰۱	۵۸/۴۱	۱۰۲/۱۴
۵۰	۵	۲۹/۳۸	۲۲/۴۸	۵۹/۳۹	۵۶/۸۳	۱۱۸/۰۴
۵۰	۲۰	۲۸/۳۹	۲۲/۲۱	۵۷/۸۱	۵۷/۷۶	۱۲۸/۹۳
۷۰	۵	۲۰/۰۰	۲۱/۱۷	۶۱/۵۰	۴۹/۰۴	۱۳۸/۳۷
۷۰	۲۰	۱۷/۹۰	۲۱/۹۰	۶۶/۳۸	۵۷/۴۲	۱۴۳/۸۲
۱۰۰	۲۰	۱۸/۳۴	۲۴/۶۴	۷۹/۶۷	۷۶/۰۰	۱۴۶/۱۸
۱۵۰	۲۰	۲۱/۴۳	۲۸/۳۷	۷۳/۱۸	۷۰/۹۸	۱۰۵/۵۶
۲۰۰	۲۰	۲۱/۲۰	۲۶/۹۳	۶۷/۶۹	۶۹/۰۶	۱۰۱/۵۵
۲۰۰	۸۰	۲۵/۱۸	۲۸/۹۷	۶۵/۲۳	۵۴/۷۴	۸۸/۳۸
۳۰۰	۲۰	۲۵/۷۶	۳۶/۲۹	۵۴/۶۱	۴۹/۷۲	۸۳/۲۲
۳۰۰	۸۰	۳۳/۲۱	۳۷/۰۰	۴۸/۳۳	۴۶/۶۶	۷۴/۶۵
۴۰۰	۸۰	۳۵/۲۱	۳۶/۵۹	۵۳/۶۵	۴۵/۸۱	۶۱/۱۸
۵۰۰	۸۰	۳۷/۵۲	۳۸/۷۵	۴۴/۳۴	۴۱/۰۹	۴۸/۷۷

AB/2(m)	MN(m)	F-4	F-5	F-6	F-7	F-8
۳	۲	۲۸/۸۷	۲۸/۳۷	۳۸/۶۱	۱۶/۳۳	۲۴/۷۷
۵	۲	۴۰/۸۹	۴۱/۲۹	۴۲/۳۱	۱۹/۹۷	۱۸/۴۴
۷	۲	۴۹/۷۶	۵۰/۶۹	۵۳/۰۷	۲۴/۲۴	۱۷/۲۱
۱۰	۲	۶۲/۸۹	۶۱/۱۷	۵۵/۰۲	۲۸/۶۴	۱۶/۴۵
۱۰	۵	۵۶/۵۳	۶۰/۴۹	۵۱/۸۸	۲۸/۹۰	۱۶/۱۶
۱۵	۵	۶۶/۰۸	۶۶/۵۳	۵۲/۴۱	۳۳/۹۰	۱۸/۲۷
۲۰	۵	۶۹/۸۷	۶۹/۷۴	۴۷/۸۵	۳۶/۸۷	۱۸/۷۵
۳۰	۵	۶۶/۸۵	۶۹/۷۹	۴۰/۲۰	۳۴/۰۷	۲۳/۹۹
۴۰	۵	۹۴/۲۵	۷۶/۹۸	۴۰/۰۶	۳۵/۳۶	۲۸/۴۸
۵۰	۵	۹۵/۶۶	۸۴/۹۴	۴۴/۲۶	۴۱/۰۲	۳۲/۸۵
۵۰	۲۰	۸۱/۱۵	۷۸/۳۷	۵۲/۱۴	۳۹/۲۵	۳۵/۱۱
۷۰	۵	۱۲۲/۹۹	۱۵۸/۳۸	۵۷/۳۶	۶۳/۴۰	۴۵/۳۸
۷۰	۲۰	۹۸/۰۲	۱۲۳/۳۸	۶۰/۰۶	۴۹/۷۵	۴۶/۶۸
۱۰۰	۲۰	۱۸۰/۶۴	۱۶۱/۵۴	۶۸/۴۱	۶۰/۴۹	۶۲/۹۰
۱۵۰	۲۰	۱۶۸/۹۸	۱۳۱/۹۵	۶۹/۳۴	۷۳/۸۶	۷۳/۷۰
۲۰۰	۲۰	۸۷/۹۲	۸۶/۱۸	۶۶/۷۵	۷۳/۸۹	۸۰/۸۹
۲۰۰	۸۰	۱۰۴/۷۲	۹۶/۱۱	۶۵/۷۵	۷۱/۶۳	۸۰/۵۴
۳۰۰	۲۰	۷۹/۵۶	۷۰/۶۱	۶۲/۲۷	۵۶/۶۹	۸۴/۷۳
۳۰۰	۸۰	۹۷/۳۰	۸۲/۰۱	۶۳/۵۲	۶۴/۸۴	۸۶/۵۶
۴۰۰	۸۰	۸۶/۳۹	۶۰/۲۰	۴۶/۴۰	۶۰/۵۹	۷۹/۷۹
۵۰۰	۸۰	۷۸/۰۴	۶۰/۰۰	۱۰۳/۱۴	۴۴/۳۴	۶۵/۰۳

AB/2(m)	MN(m)	F-9	F-10	G-1	G-2	G-3
۳	۲	۱۶/۱۳	۲۱/۶۱	۵۱/۴۱	۵۵/۳۵	۳۴/۶۰
۵	۲	۱۳/۷۶	۲۱/۲۹	۶۵/۱۵	۶۸/۹۹	۲۷/۰۳
۷	۲	۱۶/۲۹	۲۲/۱۰	۸۶/۰۶	۸۶/۳۸	۲۶/۲۸
۱۰	۲	۱۵/۷۷	۲۰/۷۵	۷۹/۰۹	۵۵/۳۲	۲۶/۷۱
۱۰	۵	۱۷/۱۶	۲۱/۳۰	۷۵/۶۵	۶۴/۲۹	۲۴/۳۹
۱۵	۵	۱۸/۶۹	۱۹/۰۸	۷۹/۶۵	۷۹/۳۴	۲۴/۱۰
۲۰	۵	۵۶/۱۸	۱۷/۵۸	۸۵/۹۷	۸۳/۲۹	۲۹/۹۶
۳۰	۵	۱۷/۷۰	۱۸/۰۹	۹۲/۶۶	۶۲/۷۱	۳۴/۰۷
۴۰	۵	۱۷/۴۶	۱۸/۷۸	۷۶/۰۳	۷۳/۹۷	۴۶/۳۸
۵۰	۵	۲۱/۷۹	۱۷/۵۶	۶۷/۳۲	۷۴/۱۷	۵۹/۰۳
۵۰	۲۰	۱۹/۲۵	۲۰/۸۳	۹۷/۳۵	۹۰/۹۷	۶۶/۰۸
۷۰	۵	۲۰/۵۰	۱۹/۸۷	۶۴/۳۶	۵۶/۱۲	۴۰/۱۱
۷۰	۲۰	۱۹/۸۵	۲۱/۷۲	۸۹/۹۵	۷۵/۷۸	۵۶/۵۵
۱۰۰	۲۰	۲۳/۵۱	۲۴/۳۶	۷۵/۵۰	۵۹/۰۹	۵۱/۸۴
۱۵۰	۲۰	۲۵/۰۰	۲۸/۰۸	۵۷/۶۸	۳۹/۳۳	۵۲/۵۵
۲۰۰	۲۰	۲۶/۲۵	۳۷/۶۳	۳۹/۷۲	۳۶/۳۲	۴۴/۴۶
۲۰۰	۸۰	۲۳/۹۱	۴۰/۶۰	۴۷/۹۸	۴۴/۹۶	۴۳/۱۳
۳۰۰	۲۰	۲۸/۰۰	۶۳/۲۷	۴۱/۴۲	۳۵/۳۰	۳۹/۰۰
۳۰۰	۸۰	۳۲/۰۴	۶۱/۸۸	۴۶/۲۹	۴۱/۸۶	۳۹/۳۶
۴۰۰	۸۰	۴۷/۸۵	۶۲/۲۰	۳۹/۷۰	۳۷/۳۲	۲۰/۲۶
۵۰۰	۸۰	۵۸/۵۳	۷۶/۹۳	۳۶/۸۷	۳۵/۰۴	۲۰/۰۰

AB/2(m)	MN(m)	G-4	G-5	G-6	G-7	G-8
۳	۲	۲۸/۴۸	۳۸/۴۴	۳۳/۳۶	۱۷/۹۰	۱۸/۹۱
۵	۲	۲۱/۹۶	۴۰/۱۶	۳۴/۷۴	۱۸/۵۷	۱۶/۶۸
۷	۲	۲۱/۴۰	۴۱/۰۹	۳۴/۳۷	۱۸/۱۹	۱۷/۳۴
۱۰	۲	۲۱/۸۷	۳۹/۷۷	۳۰/۶۷	۱۷/۶۱	۱۴/۰۶
۱۰	۵	۲۳/۹۵	۳۷/۴۷	۲۷/۶۹	۱۷/۱۰	۱۴/۶۰
۱۵	۵	۲۳/۷۱	۳۴/۹۲	۲۵/۰۰	۱۸/۵۶	۱۹/۸۳
۲۰	۵	۲۷/۵۲	۳۱/۵۰	۲۹/۸۲	۱۸/۶۹	۱۹/۵۷
۳۰	۵	۳۱/۷۵	۳۳/۶۹	۳۱/۷۳	۲۲/۷۰	۲۶/۵۷
۴۰	۵	۴۰/۵۱	۳۶/۸۷	۴۳/۱۴	۲۴/۴۳	۳۰/۹۵
۵۰	۵	۴۵/۲۵	۳۸/۰۵	۴۴/۸۴	۲۸/۶۲	۳۶/۲۰
۵۰	۲۰	۵۳/۲۳	۴۳/۳۲	۴۹/۷۰	۲۸/۸۴	۳۲/۵۲
۷۰	۵	۴۲/۸۵	۴۰/۳۳	۴۹/۸۱	۲۹/۷۷	۳۷/۹۶
۷۰	۲۰	۵۰/۰۸	۳۹/۱۷	۶۴/۶۸	۳۳/۲۱	۳۸/۹۱
۱۰۰	۲۰	۴۷/۴۳	۶۹/۷۹	۴۸/۷۵	۴۰/۱۱	۴۵/۶۴
۱۵۰	۲۰	۴۳/۵۹	۶۶/۵۱	۵۰/۴۰	۴۹/۱۸	۵۱/۶۵
۲۰۰	۲۰	۴۰/۱۲	۶۶/۸۵	۶۱/۹۸	۵۰/۹۲	۴۹/۰۵
۲۰۰	۸۰	۴۶/۷۷	۶۸/۳۶	۵۱/۷۷	۵۲/۱۱	۴۹/۹۵
۳۰۰	۲۰	۳۰/۳۳	۴۶/۷۶	۴۶/۰۰	۴۹/۶۴	۴۷/۸۳
۳۰۰	۸۰	۳۸/۴۳	۴۷/۵۹	۴۵/۱۲	۵۰/۹۶	۴۴/۶۸
۴۰۰	۸۰	۳۶/۱۲	۴۲/۵۵	۴۲/۹۰	۴۹/۱۲	۴۱/۳۵
۵۰۰	۸۰	۳۱/۵۲	۳۴/۴۳	۳۸/۹۴	۴۱/۹۶	۲۸/۹۷

AB/2(m)	MN(m)	G-9	G-10			
۳	۲	۱۴/۸۹	۱۵/۰۹			
۵	۲	۱۵/۴۹	۱۵/۶۸			
۷	۲	۱۷/۴۹	۱۸/۶۷			
۱۰	۲	۱۵/۸۶	۱۷/۸۸			
۱۰	۵	۲۱/۱۵	۲۰/۳۹			
۱۵	۵	۱۸/۹۳	۱۸/۸۹			
۲۰	۵	۲۷/۹۸	۲۰/۳۲			
۳۰	۵	۲۴/۲۵	۲۵/۷۵			
۴۰	۵	۳۵/۰۵	۳۳/۳۸			
۵۰	۵	۳۹/۷۷	۴۳/۰۹			
۵۰	۲۰	۲۶/۳۲	۳۲/۶۷			
۷۰	۵	۲۸/۲۱	۳۳/۵۴			
۷۰	۲۰	۲۶/۲۹	۲۸/۷۹			
۱۰۰	۲۰	۳۵/۵۹	۳۱/۵۰			
۱۵۰	۲۰	۳۴/۳۹	۳۹/۱۰			
۲۰۰	۲۰	۳۷/۱۲	۳۵/۲۵			
۲۰۰	۸۰	۳۴/۸۰	۳۷/۷۰			
۳۰۰	۲۰	۳۶/۰۸	۳۵/۳۰			
۳۰۰	۸۰	۳۳/۱۸	۳۴/۵۴			
۴۰۰	۸۰	۳۳/۴۱	۳۳/۴۹			
۵۰۰	۸۰	۳۰/۸۰	۲۷/۸۷			

پیوست شماره ۲- نتایج حاصل از تفسیر سونداژ های A-1 تا G-10 به کمک روش‌های مختلف

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ A-1

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error= 2.76 %		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 5.5		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۱/۷	۱۰/۵	۳	۱۲	۳	۱۲	لایه اول
۵/۲	۱۶/۹	۴/۵	۱۸	۴/۵	۱۸	لایه دوم
۹/۲	۲۵/۳	۱۰	۱۳/۵	۱۰	۲۷	لایه سوم
۶۰/۴	۳۴/۵	۷۲/۵	۲۶/۹	۷۲/۵	۳۳/۷	لایه چهارم
۱۳۰	۶۲/۵	۱۲۰	۶۰/۳	۱۲۰	۶۷/۵	لایه پنجم
-	۳۲۴	-	۴۰۴	-	۳۳۷	لایه ششم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ A-2

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 2.54%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 2.5		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۱/۴	۲۷/۳	۳	۳۰/۵	۳	۳۰/۵	لایه اول
۳/۶	۱۴/۴	۴	۱۵/۳	۴	۱۵/۲۵	لایه دوم
۲/۸	۱۰/۲	۳	۱۲	۳	۱۲	لایه سوم
۱۲/۴	۱۶/۴	۱۳	۲۳/۴	۱۳	۱۸	لایه چهارم
۵۹/۴	۱۲/۳	۵۷	۱۷/۵	۵۷	۱۴/۵	لایه پنجم
۱۷۰	۱۴/۲	۱۴۰	۱۶	۱۴۰	۱۰	لایه ششم
-	۲۵/۷	-	۳۱	-	۳۱	لایه هفتم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ A-3

تفسیر با نرم افزار Ipl2win RMS error = 7.9%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 3.7		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۳	۱۳/۲	۳	۱۴/۵	۳	۱۴/۵	لایه اول
۱۸/۳	۹/۷	۲۵	۱۰	۲۵	۱۰	لایه دوم
۴۲/۵	۱۳/۲	۴۷	۱۵	۴۷	۱۵	لایه سوم
۶۰/۳	۴۲/۷	۶۵	۴۵/۵	۶۵	۴۵/۵	لایه چهارم
-	۱۷۰	-	۱۸۳	-	۱۸۳	لایه پنجم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ A-4

تفسیر با نرم افزار Ipl2win RMS error = 9.18%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 6.7		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۱/۹	۲۶/۵	۳	۳۰/۳	۳	۲۷/۵	لایه اول
۶۸/۳	۱۰۰/۴	۸۱	۱۱۰	۸۱	۱۱۰	لایه دوم
۱۵۶/۴	۴۵/۷	۱۸۵	۶۶	۱۸۵	۵۵	لایه سوم
-	۳۵/۲	-	۱۹/۸	-	۳۳	لایه چهارم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ A-5

تفسیر با نرم افزار Ipl2win RMS error = 6.46%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۳	۲۷/۳	۳	۲۶/۵	۳	۲۶/۵	لایه اول
۴۶/۴	۱۰۰/۳	۴۲	۱۱۶/۶	۴۲	۱۰۶	لایه دوم
۲۲/۷	۷۰/۵	۲۵	۱۱۰/۳	۲۵	۸۴/۸	لایه سوم
۵۲/۳	۴۹/۷	۴۰	۵۱	۴۰	۵۱	لایه چهارم
-	۲۲/۳	-	۷۰/۵	-	۲۵/۵	لایه پنجم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ A-6

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 7.5%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 6.3		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۳	۱۴/۲	۳	۱۷/۵	۳	۱۷/۵	لایه اول
۳/۸	۲۲/۷	۵	۲۶/۳	۵	۲۶/۲۵	لایه دوم
۱۱/۲	۵۱/۵	۱۵	۶۰	۱۵	۵۳	لایه سوم
۱۰۵/۳	۲۵۸/۵	۱۱۷	۱۸۵/۵	۱۱۷	۲۶۵	لایه چهارم
۸۷/۵	۲۰۴/۲	۹۰	۲۳/۳	۹۰	۲۱۲	لایه پنجم
-	۸۰/۳	-	۸۰/۵	-	۸۴/۸	لایه ششم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ A-7

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 9.93%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 13.5		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۶	۷۲/۳	۳	۶۱/۵	۳	۶۱/۵	لایه اول
۲/۷	۱۱۹/۵	۳	۱۷۱/۳	۳	۱۵۳	لایه دوم
۵/۳	۳۸۷/۳	۷	۱۷۲/۸	۷	۴۶۰	لایه سوم
۱۷/۵	۱۹۰/۳	۱۱	۲۲	۱۱	۱۸۴/۵	لایه چهارم
۳۹/۴	۵۲/۷	۳۰	۴۴	۳۰	۵۵/۳	لایه پنجم
۲۰۲/۳	۱۲۸/۵	۱۸۶	۱۶۵/۹	۱۸۶	۱۳۸/۳	لایه ششم
-	۶۱/۲	-	۴۱/۴	-	۶۹	لایه هفتم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ A-8

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 13%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 11.9		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۳/۲	۶۵/۴	۳	۶۱	۳	۶۱	لایه اول
۱/۸	۱۱۹/۳	۲	۱۹۰	۲	۱۲۲	لایه دوم
۴/۹	۶۹/۵	۴	۱۰۵	۴	۳۶۶	لایه سوم
۴/۹	۶۹/۵	۴	۳۶/۷	۴	۷۳/۲	لایه چهارم
۶/۴	۳۴/۳	۵	۴۰	۵	۳۶/۶	لایه پنجم
۱۹/۵	۵۷/۲	۱۷	۷۶/۹	۱۷	۵۴/۹	لایه ششم
-	۱۱۰/۳	-	۱۲۰/۸	-	۱۰۹/۸	لایه هفتم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-1

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 3.24%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 3.6		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۱/۷	۲۰/۳	۳	۲۲/۵	۳	۲۲/۵	لایه اول
۵/۳	۲۶/۷	۷	۲۸	۷	۲۸	لایه دوم
۸۰/۵	۱۲/۵	۸۵	۱۴	۸۵	۱۴	لایه سوم
۶۱/۱	۳۶/۵	۵۵	۴۰/۵	۵۵	۴۱	لایه چهارم
-	۵۸/۳	-	۵۵	-	۵۵	لایه پنجم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-2

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 6.31%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 1.6		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۳	۱۴/۵	۳	۱۶	۳	۱۶	لایه اول
۱۷/۷	۱۲/۷	۲۰	۱۱/۲	۲۰	۱۱/۲	لایه دوم
۳۱/۱	۲۹	۲۰	۲۸	۲۰	۲۸	لایه سوم
۶۸/۲	۲۷/۳	۷۲	۳۱	۷۲	۳۵	لایه چهارم
۷۰/۳	۶۵/۴	۷۵	۷۱/۵	۷۵	۷۰	لایه پنجم
-	۱۹۸/۳	-	۲۲۰	-	۲۵۰	لایه ششم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-3

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 7.64%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 2.3		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۴	۱۰/۵	۳	۱۳/۸	۳	۱۳/۸	لایه اول
۱/۶	۱۹/۴	۲	۱۷/۳	۲	۱۷/۲	لایه دوم
۱۹	۱۱/۳	۲۰	۱۰/۴	۲۰	۱۰/۳	لایه سوم
۸۹/۹	۳۵/۳	۹۷	۳۰/۲	۹۷	۳۸/۴	لایه چهارم
-	۱۱۹/۷	-	۱۲۴	-	۱۲۴	لایه پنجم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-4

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 6.16%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 4.5		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۷	۱۷/۴	۳	۱۷	۳	۱۹/۳	لایه اول
۲/۳	۳۹/۳	۱/۵	۴۶	۱/۵	۵۸	لایه دوم
۹/۷	۱۴۷/۵	۱۱	۱۶۶	۱۱	۱۷۳	لایه سوم
۲۷	۲۳۳/۴	۲۴	۲۵۰	۲۴	۲۶۰	لایه چهارم
۱۹/۸	۱۰۷/۹	۲۰	۱۱۰/۵	۲۰	۱۵۶	لایه پنجم
۲۰۶/۳	۵۷/۸	۲۱۵	۵۱/۸	۲۱۵	۶۲/۵	لایه ششم
-	۱۳۹/۳	-	۱۵۶	-	۱۵۶	لایه هفتم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-5

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 9.49%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 3.8		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۶	۱۲/۲	۳	۱۴	۳	۱۴	لایه اول
۲/۲	۱۹/۷	۱/۵	۲۱	۱/۵	۲۱	لایه دوم
۷/۳	۵۸/۵	۶/۵	۶۳	۶/۵	۶۳	لایه سوم
۸۷/۶	۱۷۲/۳	۸۹	۱۶۱/۶	۸۹	۱۸۹	لایه چهارم
۱۱۵	۱۳۳/۴	۱۱۰	۱۳۶	۱۱۰	۱۳۲	لایه پنجم
-	۶۱/۳	-	۵۳	-	۵۳	لایه ششم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-6

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 13%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 3.9		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۳	۱۷/۱	۳	۱۹	۳	۱۹	لایه اول
۱/۷	۲۷/۸	۲	۲۶/۵	۲	۲۸/۲	لایه دوم
۶/۱	۴۵/۳	۵	۴۷/۵	۵	۴۷/۵	لایه سوم
۲۲۳/۳	۱۳۷/۷	۲۳۱	۱۴۲/۳	۲۱۰	۱۳۷/۵	لایه چهارم
-	۹/۴	-	۷/۲	-	۷/۵	لایه پنجم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-7

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 2.73%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 7.8		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۱/۹	۴۹/۳	۳	۵۹/۵	۳	۵۹/۵	لایه اول
۴/۲	۷۵/۵	۵	۸۹	۵	۸۹	لایه دوم
۹/۳	۱۶۷/۳	۸	۱۷۸/۵	۸	۱۸۳	لایه سوم
۱۱۸/۳	۱۴۱/۶	۱۲۰	۱۴۰/۴	۱۲۰	۱۴۱	لایه چهارم
-	۷۰/۲	-	۶۶	-	۷۴	لایه پنجم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ B-8

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 3.01%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 5.3		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۳	۲۷/۳	۳	۳۰/۳	۳	۳۰/۳	لایه اول
۱۲/۵	۴۰/۲	۱۳	۳۷/۸	۱۳	۳۷/۸	لایه دوم
۱۱۷/۵	۱۱۱/۳	۱۲۴	۱۱۳/۴	۱۲۴	۱۱۳/۴	لایه سوم
۱۲۸/۹	۷۰/۴	۱۵۰	۶۸	۱۵۰	۶۸	لایه چهارم
-	۲۳/۷	-	۲۰/۵	-	۲۰/۵	لایه پنجم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-1

تفسیر با نرم افزار Ip12win RMS error = 2.95%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 2.3		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۳	۲۰/۳	۳	۲۲/۸	۳	۲۲/۸	لایه اول
۱۹/۱	۲۴/۷	۱۷	۲۸/۵	۱۷	۲۸/۵	لایه دوم
۱۶۹/۸	۲۳۶/۹	۱۸۰	۲۲۰/۸	۱۸۰	۲۲۰/۸	لایه سوم
-	۲۱۱/۳	-	۲۰۵	-	۲۰۵	لایه چهارم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-2

تفسیر با نرم افزار Ip12win RMS error = 2.58%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 4.4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۳/۱	۲۲/۴	۳	۲۲/۵	۳	۲۲/۵	لایه اول
۲/۹	۱۲/۴	۳/۵	۱۳/۵	۳/۵	۱۳/۵	لایه دوم
۲/۹	۵۲/۵	۲/۵	۵۷/۱	۲/۵	۶۷/۵	لایه سوم
۳۷/۳	۱۷۸/۳	۴۱	۱۸۰/۷	۴۱	۱۷۰/۵	لایه چهارم
۳۸/۹	۲۲۵/۷	۴۱	۲۱۸	۴۱	۲۴۲	لایه پنجم
۱۹۸/۷	۱۸۲/۱	۲۰۵	۱۷۹/۳	۲۲۸	۱۶۹	لایه ششم
	۳۲۳/۶	-	۳۳۷/۵	-	۳۳۷/۵	لایه هفتم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-3

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 9.61%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 17.7		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۹	۸۲/۳	۳	۸۶	۳	۸۶	لایه اول
۳/۷	۳۴۷/۷	۳/۵	۳۵۰	۳/۵	۳۴۴	لایه دوم
۷/۹	۴۷/۳	۸/۵	۴۸	۸/۵	۵۰	لایه سوم
۶/۳	۱۲۳/۴	۵	۱۳۰	۵	۱۲۷	لایه چهارم
۱۷/۷	۱۷۹/۴	۱۹	۱۸۵	۱۹	۱۷۵/۵	لایه پنجم
۱۲/۳	۱۷۸/۶	۱۳	۱۷۵	۱۳	۱۶۶/۵	لایه ششم
-	۴۰/۹	-	۳۲/۳	-	۳۸	لایه هفتم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-4

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 3.99%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 48.4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۹	۱۷۹/۲	۳/۲	۱۸۹/۵	۳	۱۸۴	لایه اول
۲۵/۴	۲۶۱/۳	۲۷	۲۴۹/۹	۲۷	۲۷۶	لایه دوم
۱۶/۳	۱۱۲/۷	۱۵	۱۱۴/۵	۱۵	۱۱۰/۵	لایه سوم
-	۲۶۰/۴	-	۲۵۸/۵	-	۲۷۷/۳	لایه چهارم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-5

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 3.12%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 6.5		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۳/۲	۳۰/۵	۳	۳۱	۳	۳۱	لایه اول
۱/۹	۴۵/۴	۲	۴۶/۵	۲	۴۶/۵	لایه دوم
۱۱/۷	۵۳/۷	۱۰	۴۷/۶	۱۰	۵۸	لایه سوم
۱۱/۳	۱۱۴/۶	۱۰	۱۱۶	۱۰	۱۱۶	لایه چهارم
۱۱۷/۳	۲۹۳	۱۱۵	۲۸۷	۱۱۵	۲۹۰	لایه پنجم
-	۱۶۰/۴	-	۱۶۹/۶	-	۱۶۶	لایه ششم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-6

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 3.99%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit=2.7		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۳	۱۷/۷	۳	۱۸/۵	۳	۱۸/۵	لایه اول
۱۲/۷	۲۲/۳	۱۳	۲۳	۱۳	۲۳	لایه دوم
۱۵/۹	۳۱/۴	۱۴	۳۳	۱۴	۳۳	لایه سوم
۴۱/۳	۸۳/۹	۴۲	۸۶/۵	۴۲	۸۶/۵	لایه چهارم
۷۲/۳	۱۸۱/۸	۷۸	۱۸۶/۵	۷۸	۱۷۳	لایه پنجم
-	۶۷/۳	-	۶۶/۹	-	۶۹/۴	لایه ششم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-7

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 2.95%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit=7.2		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۷	۱۰۱/۴	۳	۱۰۵	۳	۱۰۵	لایه اول
۲/۱	۴۲/۷	۱/۷	۴۵/۴	۱/۵	۴۶/۵	لایه دوم
۷/۳	۵۰/۲	۶/۵	۴۹/۵	۶/۵	۴۵	لایه سوم
۳/۶	۲۳/۷	۴	۲۴	۴	۲۲	لایه چهارم
۱۲۷/۸	۲۰/۹	۱۳۵	۲۳	۱۳۵	۱۵	لایه پنجم
-	۳۲/۳	-	۳۰/۸	-	۳۰	لایه ششم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ C-8

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 3.26%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit=1.7		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۹	۲۴/۷	۳	۲۶	۳	۲۶	لایه اول
۶/۲	۱۱/۹	۷	۱۳	۷	۱۳	لایه دوم
۲۹/۲	۱۷/۸	۲۸	۱۹/۵	۲۸	۱۹/۵	لایه سوم
۳۱/۷	۱۷/۲	۳۵	۱۵/۶	۳۵	۱۵/۶	لایه چهارم
۱۲۲/۳	۴۶/۶	۱۲۵	۴۴/۱	۱۲۵	۴۳/۴	لایه پنجم
-	۶۹/۲	-	۷۰	-	۷۰	لایه ششم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ D-1

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 6.84%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 12.4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۷	۸۰/۲	۳	۸۳.۶	۳	۷۲	لایه اول
۳/۷	۱۳۱/۷	۴	۱۲۹/۶	۴	۱۴۸	لایه دوم
۲۱/۹	۱۵۱/۳	۲۳	۱۴۸/۸	۲۳	۱۵۳	لایه سوم
۳۵/۲	۲۳۰/۸	۳۷	۲۳۸/۸	۳۷	۲۴۰	لایه چهارم
۴۷/۸	۱۰۰/۶	۵۰	۱۰۱/۲	۵۰	۱۰۲	لایه پنجم
-	۳۱۲/۳	-	۳۰.۸	-	۳۰.۸	لایه ششم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ D-2

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 1.56%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 19.5		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۹	۷۱/۳	۳	۷۲	۳	۷۲	لایه اول
۳/۸	۲.۳۹۴	۴	۳۵۲/۸	۴	۳۵۰/۴	لایه دوم
۲/۳	۳۰.۴/۳	۲/۵	۳۰.۳	۲/۵	۳۰.۳	لایه سوم
۹/۹	۱۰۰/۳	۱۱/۷	۹۶/۶	۱۰/۵	۱۰.۲	لایه چهارم
-	۲۵۴/۶	-	۲۶۰	-	۲۵۰	لایه پنجم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ D-3

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 2.23 %		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 3.5		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		مشخصات
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	
۳/۲	۴۰/۲	۳	۴۲/۱	۳	۳۸/۳	لایه اول
۱/۸	۳۴/۷	۲	۳۶	۲	۳۳	لایه دوم
۵/۹	۲۴/۳	۵	۲۵/۳	۵	۲۳	لایه سوم
۴۷/۹	۹۱/۸	۵۰	۹۲/۳	۵۰	۸۷/۵	لایه چهارم
۸۱/۷	۵۶/۹	۸۵	۵۸/۸	۸۵	۶۰	لایه پنجم
-	۱۹/۷	-	۲۰/۹	-	۱۸/۵	لایه ششم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ D-4

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 2.95 %		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 8.1		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		مشخصات
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	
۲/۷	۲۶/۵	۳	۲۷/۵	۳	۲۷/۵	لایه اول
۱۲/۳	۵۳/۴	۱۰/۴	۵۲/۹	۹/۸	۵۵	لایه دوم
۳۲/۷	۱۰۹/۳	۳۷	۱۰۷	۳۷	۱۱۰	لایه سوم
۴۱/۳	۹۰	۴۲	۹۲/۸	۴۲	۸۸	لایه چهارم
۸۰/۲	۱۳۰/۶	۸۴	۱۳۲	۷۸	۱۲۸	لایه پنجم
-	۸۳/۷	-	۸۴	-	۸۸	لایه ششم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ D-5

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 3%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 3.8		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		مشخصات
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	
۲/۴	۲۴/۳	۳	۲۵/۵	۳	۲۵/۵	لایه اول
۴/۷	۵۰/۳	۴	۴۸/۹	۴	۵۱	لایه دوم
۱۴/۶	۹۹/۷	۱۶/۵	۱۰۳/۶	۱۳	۱۰۲	لایه سوم
۱۲۸/۷	۲۰۸/۴	۱۳۰	۲۰۲	۱۳۰	۲۰۴	لایه چهارم
-	۸۰/۲	-	۸۴/۲	-	۸۱/۶	لایه پنجم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ D-6

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 2.95%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 2.8		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		مشخصات
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	
۳/۲	۲۹/۷	۳	۳۲	۳	۳۲	لایه اول
۱۴/۴	۲۱/۳	۱۳	۲۲/۵	۱۳	۲۲/۵	لایه دوم
۳۵/۸	۳۶/۱	۳۴/۴	۳۷/۲	۳۴	۴۰	لایه سوم
۱۹/۷	۱۴۳	۲۲	۱۴۰	۲۲	۱۴۰	لایه چهارم
۷۸/۴	۲۱۳/۷	۸۰	۲۱۴/۲	۸۰	۲۱۰	لایه پنجم
-	۸۷/۲	-	۸۴	-	۸۴	لایه ششم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ D-7

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 1.94%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 1.4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۳/۱	۳۱/۳	۳	۲۹	۳	۲۹	لایه اول
۶/۲	۵۱/۷	۵	۵۳/۵	۵	۵۳/۵	لایه دوم
۱۳/۲	۳۴/۹	۱۰	۴۱/۵	۱۰	۴۲	لایه سوم
۴۳/۷	۱۹/۷	۴۵	۲۱	۴۵	۲۱	لایه چهارم
۱۲۳/۶	۲۴/۳	۱۲۵	۲۶	۱۲۵	۲۶	لایه پنجم
-	۶۴/۲	-	۶۵	-	۶۵	لایه ششم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ D-8

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 15.9%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 2.4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۳/۴	۱۷/۲	۳	۱۸	۳	۱۸	لایه اول
۱۰/۵	۲۵/۳	۹	۲۷	۹	۲۷	لایه دوم
۲۳/۱	۳۱/۳	۲۰	۲۹	۲۰	۲۹	لایه سوم
۱۲۱/۴	۱۷/۴	۱۳۳	۱۹	۱۳۳	۱۹	لایه چهارم
-	۷۲/۶	-	۷۵/۵	-	۷۵/۵	لایه پنجم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ D-9

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error 14.1%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 1.3		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۹	۱۴/۸	۳	۱۶	۳	۱۶	لایه اول
۱۷/۹	۱۰	۲۰	۹/۵	۲۰	۹/۵	لایه دوم
۳۹/۳	۱۴/۳	۴۰	۱۶/۸	۴۰	۱۲	لایه سوم
-	۲۷/۴	-	۳۱/۲	-	۲۴	لایه چهارم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-1

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error= 2.6 %		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 7.7		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۸	۱۶/۷	۳	۱۷/۵	۳	۱۷/۵	لایه اول
۱۱/۲	۲۸/۲	۱۲	۲۶/۹	۱۲	۲۷/۵	لایه دوم
۱۶/۲	۳۳/۴	۱۴	۳۸/۵	۱۴	۳۵	لایه سوم
۳۹/۷	۲۳۸/۲	۴۰	۲۵۸	۴۰	۲۴۵	لایه چهارم
۴۳/۴	۲۵۲/۵	۴۶	۲۵۵/۱	۴۰	۲۶۷/۵	لایه پنجم
۱۱۲/۲	۱۷۲/۸	۱۰۶	۱۶۶/۶	۱۱۰	۱۸۴	لایه ششم
-	۱۵۱/۳	-	۱۵۸/۲	-	۱۴۷	لایه هفتم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-2

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 9.98%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۸	۱۶/۸	۳	۱۴/۹	۳	۱۷/۵	لایه اول
۱۳/۲	۲۸	۱۲	۲۸/۷	۱۲	۲۷/۵	لایه دوم
۶/۱	۳۵/۲	۴	۳۷/۴	۴	۳۸	لایه سوم
۴۶/۷	۱۵۱/۷	۴۸	۱۵۷	۴۵	۱۴۵	لایه چهارم
-	۱۶۲/۴	-	۱۶۵/۷	-	۱۶۷/۵	لایه پنجم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-3

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error =4.3%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 5.6		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۹	۲۳/۸	۳	۲۵	۳	۲۵	لایه اول
۸/۷	۶۸/۶	۱۰/۸	۷۵	۱۱	۷۵	لایه دوم
۹/۳	۲۰۴/۵	۸/۸	۲۱۰	۸	۲۱۰	لایه سوم
۴۳/۷	۱۲۸/۷	۴۸	۱۳۰	۴۸	۱۳۰	لایه چهارم
-	۱۶۵/۳	-	۱۶۱	-	۱۷۵	لایه پنجم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-4

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 1.9%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 4.5		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۳	۲۳/۷	۳	۲۴	۳	۲۴	لایه اول
۴/۸	۲۷/۴	۳/۵	۲۴/۳	۳/۵	۳۰	لایه دوم
۷/۴	۱۹/۸	۸/۱	۲۵/۲	۹	۲۱	لایه سوم
۵۲/۶	۸۶/۱	۵۵	۸۴	۵۵	۸۴	لایه چهارم
۳۵/۹	۱۱۹/۳	۳۸/۵	۱۲۰/۲	۳۵	۱۲۶	لایه پنجم
-	۸۳/۵	-	۷۹/۲	-	۸۸	لایه ششم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-5

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 2.67%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 5.9		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		مشخصات
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	
۲/۹	۱۹/۷	۳	۲۰	۳	۲۰	لایه اول
۲/۴	۵/۴	۱/۵	۷/۸	۱/۵	۶	لایه دوم
۹/۸	۸/۲	۱۰	۱۴/۷	۱۰	۷/۵	لایه سوم
۵/۳	۳/۶	۶	۱۰/۶	۶	۴	لایه چهارم
۱۷/۹	۱۷/۲	۲۰	۵۶/۳	۲۰	۱۶	لایه پنجم
-	۱۱۹/۴	-	۱۱۸/۴	-	۱۱۷	لایه ششم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-6

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 3.14%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 5.6		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		مشخصات
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	
۲/۹	۱۶/۸	۳	۱۷	۳	۱۷	لایه اول
۳/۷	۹/۲	۲	۸/۵	۲	۸/۵	لایه دوم
۲۲/۵	۱۶/۳	۲۱	۱۹/۵	۲۱	۱۷	لایه سوم
۱۸/۹	۳۴/۹	۱۶	۳۵/۶	۱۶	۳۸	لایه چهارم
۲۸/۷	۲۰/۴	۳۰	۳۴/۷	۳۰	۱۹	لایه پنجم
۷۴/۵	۲۳/۳	۷۸	۲۴	۷۸	۲۴	لایه ششم
-	۲۰/۵	-	۲۲	-	۲۲	لایه هفتم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-7

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 2.7%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 1.4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۳/۴	۱۵/۲	۳	۱۶	۳	۱۶	لایه اول
۷/۲	۲۱/۷	۶/۵	۲۴	۶/۵	۲۴	لایه دوم
۳/۸	۱۷/۲	۴/۵	۱۶/۸	۴/۵	۱۶/۸	لایه سوم
۲۷۳/۴	۱۹۲/۵	۲۸۶	۲۱۰	۲۸۶	۲۱۰	لایه چهارم
-	۳۱۰/۴	-	۳۰۱/۵	-	۳۰۱/۵	لایه پنجم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-8

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error= 2.06%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 3.7		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۹	۱۴/۲	۳	۱۵/۵	۳	۱۵/۵	لایه اول
۱۷/۸	۱۷/۸	۱۵	۱۹	۱۵	۱۹	لایه دوم
۲۳/۵	۳۶/۲	۲۲	۳۴/۲	۲۲	۳۸	لایه سوم
۱۳	۱۷/۸	۱۲	۱۹	۱۲	۱۹	لایه چهارم
-	۱۴/۵	-	۱۳/۸	-	۱۳	لایه پنجم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ E-9

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 2.36%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 1.9		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۳/۴	۲۶/۷	۳	۲۹	۳	۲۹	لایه اول
۱۰/۷	۲۳/۸	۹	۲۲/۳	۹	۲۴/۷	لایه دوم
۶۸/۹	۳۴/۵	۷۳	۳۱	۷۳	۳۲	لایه سوم
-	۴۹/۳	-	۴۵/۶	-	۴۶	لایه چهارم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-1

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 1.87%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 7.8		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۸	۱۷/۳	۳	۱۹	۳	۱۹	لایه اول
۹/۳	۶/۴	۷	۵/۷	۷	۵/۷	لایه دوم
۵/۲	۳۷/۸	۳/۵	۴۰	۳/۵	۴۰	لایه سوم
۱۴/۲	۵۷/۵	۱۳/۵	۶۰	۱۳/۵	۶۰	لایه چهارم
-	۲۳۷/۲	-	۲۴۶/۸	-	۲۴۰	لایه پنجم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-2

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error= 2.36 %		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 9.4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۸	۲۰/۴	۳	۱۸/۳	۳	۱۸/۳	لایه اول
۱۲/۲	۱۳/۳	۱۳	۱۴/۵	۱۳	۱۴/۵	لایه دوم
۲.۹	۳۴/۸	۷	۳۲/۷	۷	۳۱/۷	لایه سوم
۱۶۹/۳	۸۳/۵	۱۷۷	۸۷	۱۷۷	۸۷	لایه چهارم
-	۱۴۹/۵	-	۱۴۸	-	۱۵۳	لایه پنجم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-3

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 2.79%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 11.9		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۷	۲۰/۸	۳	۲۳	۳	۲۳	لایه اول
۵/۸	۵۱/۳	۵/۵	۵۵/۲	۵/۵	۵۶	لایه دوم
۱۰۴/۳	۱۹۵/۲	۱۰۰	۲۰۲/۴	۱۰۰	۱۸۴	لایه سوم
-	۷۲/۳	-	۷۴/۴	-	۷۳/۵	لایه چهارم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-4

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 1.95%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 20		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۳/۸	۲۷/۳	۳/۳	۲۶/۳	۳	۲۸	لایه اول
۳/۱	۲۶۱/۲	۲/۲	۲۵۲/۸	۲	۲۴۳/۵	لایه دوم
۶/۷	۲۳۹	۷	۲۴۷/۲	۷	۲۳۱	لایه سوم
-	۳۲۱/۳	-	۳۴۵	-	۳۳۰	لایه چهارم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-5

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 2.28%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 16.1		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۷	۳۰/۴	۳	۳۳/۶	۳	۲۸	لایه اول
۵/۹	۱۱۵/۴	۶/۳	۱۱۷/۳	۷	۱۱۲	لایه دوم
۱۲/۱	۱۳۹/۵	۱۰	۱۴۷/۲	۱۰	۱۴۰	لایه سوم
-	۲۳۲/۷	-	۲۲۶/۸	-	۲۴۲	لایه چهارم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-6

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 3.52%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 7.7		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۶	۴۰/۱	۳	۳۸/۵	۳	۳۸/۵	لایه اول
۵/۱	۹۲/۵	۴/۵	۹۶	۴/۵	۹۶	لایه دوم
۲۷/۳	۷۰/۲	۲۵/۵	۶۴/۱	۲۵/۵	۶۷	لایه سوم
۱۲/۲	۱۷۰/۴	۱۱	۱۷۶/۸	۱۱	۱۶۷/۵	لایه چهارم
-	۲۵۳/۲	-	۲۶۵/۳	-	۲۵۱	لایه پنجم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-7

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 3.25%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 5.4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۳/۲	۱۷/۴	۳	۱۶/۵	۳	۱۶/۵	لایه اول
۲۷/۹	۴۳/۵	۳۰	۳۹/۸	۳۰	۴۱	لایه دوم
۱۴۸/۷	۱۵/۳	۱۵۷	۱۲/۵	۱۵۷	۱۲/۵	لایه سوم
-	۲۲/۱	-	۲۲/۶	-	۲۱	لایه چهارم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-8

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 2.69%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 7.9		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۷	۲۴/۳	۳	۲۵	۳	۲۵	لایه اول
۲	۹/۵	۱/۵	۱۰	۱/۵	۱۰	لایه دوم
۱۷/۸	۱۴/۹	۲۰	۱۷	۲۰	۱۶	لایه سوم
-	۱۳/۸	-	۱۳	-	۱۲	لایه چهارم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-9

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 1.65%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 3.9		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۶	۱۴/۷	۳	۱۶	۳	۱۶	لایه اول
۳/۴	۱۰/۲	۱/۵	۹/۶	۱/۵	۹/۶	لایه دوم
۴۹	۱۵/۸	۴۵/۵	۱۴/۵	۴۵/۵	۱۴/۵	لایه سوم
۱۵۰/۲	۳۴/۳	۱۶۰	۳۲/۵	۱۶۰	۳۲/۵	لایه چهارم
-	۱۶۵/۲	-	۷۰	-	۷۰	لایه پنجم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ F-10

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 2.64%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 2.4		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۸	۲۰/۹	۳	۲۲	۳	۲۲	لایه اول
۷/۸	۲۵/۲	۶/۵	۲۷/۵	۶/۵	۲۷/۵	لایه دوم
۱۱/۱	۱۴/۳	۱۰/۵	۱۳/۸	۱۰/۵	۱۳/۷	لایه سوم
۴۶/۴	۱۹/۷	۴۵	۲۰/۵	۴۵	۲۰/۶	لایه چهارم
۵۳/۲	۳۷/۲	۵۵	۳۸/۷	۵۵	۳۹	لایه پنجم
-	۱۸۰/۲	-	۱۸۷	-	۱۸۷	لایه ششم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-1

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 2.31%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 9.6		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۹	۵۴/۸	۳	۵۱/۵	۳	۵۱/۵	لایه اول
۳/۸	۱۲۳/۵	۴	۱۲۲/۷	۴	۱۲۸/۵	لایه دوم
۹/۲	۲۳۰/۴	۸	۲۲۸/۵	۸	۲۲۸/۵	لایه سوم
-	۲۴۳/۷	-	۲۵۱/۶	-	۲۵۷/۵	لایه چهارم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-2

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 1.35%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 11.6		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۸	۵۳/۲	۳	۵۵/۵	۳	۵۵/۵	لایه اول
۴/۱	۱۵۹/۴	۳/۵	۱۶۶/۵	۳/۵	۱۶۶/۵	لایه دوم
۵/۲	۵۴/۶	۴	۵۰	۴	۵۰	لایه سوم
۹/۸	۱۰۲/۸	۱۰	۱۰۰	۱۰	۱۰۰	لایه چهارم
-	۱۳۷/۵	-	۱۴۴	-	۱۴۰	لایه پنجم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-3

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 1.94%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 6.9		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۳	۳۵/۴	۳	۳۴/۵	۳	۳۴/۵	لایه اول
۴/۷	۲۰/۵	۵/۵	۲۱	۵/۵	۲۱	لایه دوم
۱۳	۳۲/۵	۱۱/۵	۳۱	۱۱/۵	۳۱	لایه سوم
۳۱/۷	۱۲۸/۲	۳۰	۱۳۰/۲	۳۰	۱۲۷	لایه چهارم
۲۲/۵	۱۱۰/۴	۲۵	۱۰۴/۹	۲۵	۱۰۸/۵	لایه پنجم
-	۱۱۴/۷	-	۱۱۷/۳	-	۱۱۷	لایه ششم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-4

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 2.37%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 6		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۳/۶	۲۷/۳	۳	۲۸/۵	۳	۲۸/۵	لایه اول
۷/۴	۱۰/۸	۶	۱۱/۴	۶	۱۱/۴	لایه دوم
۱۷/۲	۳۳/۵	۱۵	۳۰/۶	۱۵	۳۲	لایه سوم
۴۳/۵	۷۰/۲	۴۲	۶۸/۵	۴۲	۶۸/۵	لایه چهارم
-	۴۳/۲	-	۴۱	-	۴۱	لایه پنجم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-5

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 3.26 %		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 9		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۸	۳۴/۲	۳	۳۸/۵	۳	۳۸/۵	لایه اول
۴/۳	۶۱/۵	۵	۶۸	۵	۶۸	لایه دوم
۶/۳	۱۶/۳	۷	۱۷	۷	۱۷	لایه سوم
۱۷/۲	۲۳/۱	۱۵	۲۴	۱۵	۲۴	لایه چهارم
۲۹/۸	۷۲/۳	۳۰	۷۰	۳۰	۷۰	لایه پنجم
-	۲۳۱/۲	-	۲۳۵/۲	-	۲۳۶	لایه ششم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-6

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 2.36%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 5.6		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۶	۳۲/۲	۳	۳۳/۵	۳	۳۳/۵	لایه اول
۶/۲	۴۵/۴	۷	۴۳/۵	۷	۴۳/۵	لایه دوم
۴/۲	۹/۷	۵	۱۰	۵	۱۰	لایه سوم
۵۸/۲	۳۲/۳	۵۵	۳۱	۵۵	۳۰	لایه چهارم
۱۲۷/۵	۵۱/۳	۱۳۰	۴۹	۱۳۰	۴۹	لایه پنجم
-	۱۷/۲	-	۱۸	-	۱۸	لایه ششم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-7

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 2.64%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 4.6		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۸	۱۹/۲	۳	۱۸	۳	۱۸	لایه اول
۶۸/۳	۷۸/۲	۷۰	۷۵	۷۰	۷۵	لایه دوم
۴۸/۷	۱۲۷/۳	۵۰	۱۳۵	۵۰	۱۳۵	لایه سوم
-	۹۳/۲	-	۹۴/۵	-	۹۴/۵	لایه چهارم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-8

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 1.4%		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 3.6		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۸	۱۷/۸	۳	۱۹	۳	۱۹	لایه اول
۱۷/۲	۱۲/۴	۱۶	۱۱/۵	۱۶	۱۱/۵	لایه دوم
۱۴	۳۲/۵	۱۰	۲۸/۵	۱۰	۲۸/۵	لایه سوم
۱۳۵/۵	۷۳/۴	۱۴۰	۷۱	۱۴۰	۷۱	لایه چهارم
-	۴۷/۶	-	۴۳	-	۴۳	لایه پنجم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-9

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 3.56 %		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 4.6		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۲/۸	۱۴/۴	۳	۱۵	۳	۱۵	لایه اول
۴/۸	۱۹/۲	۵	۱۸/۷	۵	۱۸/۷	لایه دوم
۶/۹	۲۵/۴	۸	۲۴/۷	۸	۲۶/۵	لایه سوم
۲۵/۲	۹۹/۳	۲۴	۹۴/۵	۲۴	۹۵/۸	لایه چهارم
۳۱/۷	۱۵/۴	۳۰	۱۵	۳۰	۱۷	لایه پنجم
۲.۳۷	۸۹/۳	۴۰	۹۰	۴۰	۹۵	لایه ششم
-	۲۲/۸	-	۲۴	-	۲۳	لایه هفتم

نتایج حاصل از تفسیر سونداژ G-10

تفسیر با نرم افزار IpI2win RMS error = 3.97 %		تفسیر با نرم افزار VES Misfit= 8.5		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		
t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	مشخصات
۳/۲	۱۴/۷	۳	۱۵	۳	۱۵	لایه اول
۱۳/۸	۱۷/۳	۱۲	۱۹	۱۲	۱۹	لایه دوم
۱۳	۳۶/۵	۱۰	۳۸	۱۰	۳۸	لایه سوم
۱۴/۷	۱۴۹/۵	۱۵	۱۵۲	۱۵	۱۵۲	لایه چهارم
۱۹/۸	۱۰۵/۲	۲۰	۱۰۴	۲۰	۱۰۶	لایه پنجم
-	۱۳۱/۸	-	۱۳۳	-	۱۳۳	لایه ششم

Abstract

Geoelectrical method was applied in Khormalo area, located in Golestan Province, to determine the lateral and depth extents of water-bearing formation. Quality parameters such as TDS and EC also have been obtained from three water wells in the study area. The purpose of these geoelectrical investigations was to characterize groundwater aquifers, and also, to obtain a linear relationship between geoelectric and quality parameters in the study area. For this, vertical electric sounding (VES) surveys (totally 62 soundings) with maximum spread or distance of current electrodes of 1000 meters were carried out along several lines in different locations in the area. In this thesis, 1-D and 2-D interpretation of resistivity sounding data has been carried out. 1-D interpretation has been carried out using master curves and softwares such as VES and Ip12win. 1-D interpretation results show that the resistivity values are higher in the north of the study area. Based on these results, the resistivity of the water-bearing layer in the study area has been estimated 30-40 Ω .m. (according to quality parameters obtained from three water wells in the study area, such as TDS and EC that are less than 1000 units). 2-D interpretation of resistivity sounding data also has been carried out using different software packages such as Ip12win and Res2dinv. We should mention that these two softwares are used to obtain geoelectric cross sections that show resistivity 2-D variations in the study area. The 2-D interpretation results also verify the higher resistivity values in the north of the study area. Obtaining a linear relationship between the results of 1-D interpretation of resistivity sounding data and quality parameters obtained from three water wells in the study area, we use water resistivity values of the water-bearing layers (R_w) nearby the water wells and quality parameters obtained from these wells (such as TDS and EC). Obtaining R_w , we should first compute the formation factor (F) of the water-bearing layers nearby the water wells using porosity values (ϕ) of these layers. For this, we use the Archie's law which is a simple relationship between porosity and formation factor. We should mention that 1-D interpretation of resistivity sounding data gives us the resistivity of water-bearing layers (R_o). When we computed F values using Archie's law, the water resistivity values of the water-bearing layers (R_w) is obtained using a formula which is a simple relationship between F, R_o and R_w . Finally, a linear relationship has been obtained between 1-D

interpretation results (in the other words R_w) and quality parameters obtained from these these water wells (such as TDS and EC) using regression method.

Keywords: khormalo area- resistivity- 1-D interpretation- geoelectric cross section- formatin factor- porosity- Archie's law- regression.



Shahrood University of Technology
Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics

**Modeling and interpretation of resistivity
sounding data and determination of correlation
between the interpretation results and quality
parameters in Khormalo area, Golestan province**

By:

A. Shahzeidi

Supervisor:

A. Kamkar Rouhani

Thesis submitted for the degree of Master of Science

July 2010

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.